

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA
MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**“CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA Y DE RENDIMIENTO
PRELIMINAR DE ECOTIPOS DE TARWI (*Lupinus mutabilis* Sweet),
BAJO CONDICIONES DEL CALLEJÓN DE HUAYLAS – ANCASH”**

Presentado por:

NÉSTOR JESÚS DE LA CRUZ DE LA CRUZ

**Tesis para optar el título de
INGENIERO AGRÓNOMO**

Lima – Perú

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

“CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA Y DE RENDIMIENTO
PRELIMINAR DE ECOTIPOS DE TARWI (*Lupinus mutabilis* Sweet),
BAJO CONDICIONES DEL CALLEJÓN DE HUAYLAS-ANCASH”

Presentado Por:

NÉSTOR JESÚS DE LA CRUZ DE LA CRUZ

Tesis para optar el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

.....
Dr. Félix Camarena Mayta
PRESIDENTE

Ing. Mg. Sc. Amelia Huaranga Joaquín
ASESORA

.....
Dr. Jorge Jiménez Dávalos
MIEMBRO

.....
Ing. Saray Siura Céspedes
MIEMBRO

Lima – Perú

2018

DEDICATORIA

A mi padre Néstor De la cruz, a mi hermana Claudia De la cruz, a mi abuela Juana Montoya quienes me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios y mi carácter, y especialmente a mi madre Fanny De la cruz por su apoyo incondicional, comprensión y sobre todo por su sacrificio y esfuerzo, por guiarme y darme una carrera para mi futuro.

A mis tíos, primos y sobrinos, quienes me han apoyado de manera desinteresada e incondicional durante mis estudios.

A mis abuelos Pedro De la cruz y Carlos De la cruz, quienes ya no se encuentran presentes, pero me cuidan desde el cielo, en memoria de ambos, les dedico esta tesis.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo en agradecimiento a la Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Agronomía y a todos mis profesores que guiaron mi camino hasta la finalización de mi carrera y la culminación con éxito de esta tesis.

A mi asesora de tesis, Ing. Mg. Sc. Amelia W. Huaranga Joaquín, por todo su tiempo, colaboración, confianza y sobre todo por guiarme durante el desarrollo de mi tesis.

A mis miembros del jurado Dr. Félix Camarerna Mayta, Dr. Jorge Jiménez Dávalos y Ing. Saray Siura Céspedes por la revisiones y las sugerencias realizadas en la elaboración del presente trabajo.

A la Universidad Nacional San Antúnez de Mayolo por facilitarme el uso de parcelas, de igual forma por el apoyo y colaboración durante la realización del trabajo de campo.

Al programa de leguminosas de granos y oleaginosas (PLGO), por su apoyo brindado durante la realización del presente trabajo.

A mis compañeros y amigos, que directa o indirectamente me apoyaron y colaboraron durante le ejecución del presente trabajo.

ÍNDICE

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN LITERARIA	3
2.1. SITUACIÓN DEL TARWI EN EL PERÚ	3
2.2. TAXONOMÍA Y DISTRIBUCIÓN	5
2.2.1. TAXONOMÍA	5
2.2.2. NOMBRES COMUNES POR REGIONES O LUGARES, SINÓNIMOS	5
2.2.3. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA	5
2.3. FENOLOGÍA DE LAS ACCESIONES DEL TARWI	7
2.4. MORFOLOGÍA DE LA PLANTA	8
2.4.1. RAÍCES Y NÓDULOS	8
2.4.2. TALLO Y RAMIFICACIONES	9
2.4.3. HOJAS	9
2.4.4. FLORES E INFLORESCENCIA	10
2.4.5. FRUTO	10
2.4.6. SEMILLA	11
2.5. REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS	11
2.5.1. TEMPERATURA	11
2.5.2. HUMEDAD	12
2.6. REQUERIMIENTO DE SUELOS	12
2.7. VARIABILIDAD Y DIVERSIDAD GENÉTICA	13
2.8. IMPORTANCIA DEL GRANO	14
2.8.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL GRANO	14
2.8.2. ALCALOIDES	16
2.8.3. USOS MEDICINALES	17

2.9. MANEJO AGRONÓMICO	17
2.9.1. PREPARACIÓN DEL TERRENO	17
2.9.2. SIEMBRA Y DENSIDAD	18
2.9.3. FERTILIZACIÓN Y ABONAMIENTO	19
2.9.4. LABORES CULTURALES	20
- NECESIDAD HÍDRICA	20
- DESMALEZADO	20
2.9.5. PLAGAS	21
2.9.6. ENFERMEDADES	21
2.9.7. COSECHA	22
2.9.8. ENSAYOS COMPARATIVOS DE RENDIMIENTO	23
III. MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1. CAMPO EXPERIMENTAL	25
3.1.1. UBICACIÓN	25
3.1.2. HISTORIA DE CAMPO	25
3.2. ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DEL SUELO	26
3.3. ANÁLISIS METEOROLÓGICO	27
3.3.1. TEMPERATURA	28
3.3.2. PRECIPITACIÓN PLUVIAL	29
3.4. MATERIAL DE ESTUDIO	30
3.5. MATERIALES Y EQUIPOS DE CAMPO	30
3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL	31
3.7. METODOLOGÍA	32
3.8. INSTALACIÓN Y MANEJO DEL EXPERIMENTO	33
3.8.1. PREPARACIÓN DEL TERRENO, DEMARCACIÓN Y TRAZADO	33
3.8.2. PREPARACIÓN DE LA SEMILLA Y SIEMBRA	33

3.8.3.	ABONAMIENTO	34
3.8.4.	CONTROL DE MALEZAS	34
3.8.5.	APORQUE	34
3.8.6.	RIEGOS	35
3.8.7.	CONTROL FITOSANITARIO	35
3.8.8.	COSECHA	36
3.8.9.	SECADO DE GRANOS	36
3.8.10.	TRILLADO	36
3.9.	CARACTERÍSTICAS EVALUADAS EN EL EXPERIMENTO	37
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
4.1.	CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA	44
4.1.1.	CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA	44
4.1.2.	CARACTERÍSTICAS DEL TALLO	46
4.1.3.	CARACTERÍSTICAS DE LA HOJA	48
4.1.4.	CARACTERÍSTICAS DE LA FLOR	50
4.1.5.	CARACTERÍSTICAS DE LA VAINA Y SEMILLA	55
4.1.6.	NÚMERO DE RAMAS PRIMARIAS POR PLANTA	57
4.1.7.	NÚMERO DE FOLIOLOS/HOJA	59
4.1.8.	NÚMERO DE VERTICILOS	61
4.1.9.	LONGITUD DE LA INFLORESCENCIA PRINCIPAL	63
4.2.	DATOS MORFOAGRONÓMICOS	65
4.2.1.	ALTURA DE PLANTA	65
4.2.2.	NÚMERO DE VAINAS POR PLANTA	70
4.2.3.	PESO DE GRANO POR PLANTA	72
4.3.	RENDIMIENTO DE GRANO Y SUS COMPONENTES	75
4.3.1.	RENDIMIENTO	75

4.3.2.	PESO DE 100 SEMILLAS	80
4.3.3.	PESO DE GRANOS DE LA INFLORESCENCIA CENTRAL	82
4.3.4.	PESO DE GRANOS DE LAS INFLORESCENCIAS LATERALES	84
4.3.5.	NÚMERO DE GRANOS POR VAINA	86
4.3.6.	NÚMERO DE LÓCULOS POR VAINA	91
4.3.7.	LONGITUD DE VAINA	93
4.3.8.	ANCHO DE VAINA	95
4.3.9.	GROSOR DE VAINA	97
4.3.10.	DÍAS A LA FLORACIÓN	99
4.3.11.	NÚMERO DE VAINAS POR INFLORESCENCIA CENTRAL	104
4.3.12.	NÚMERO DE INFLORESCENCIAS LATERALES POR PLANTA	106
4.3.13.	NÚMERO DE VAINAS POR INFLORESCENCIA LATERAL	108
V.	CONCLUSIONES	111
VI.	RECOMENDACIONES	112
VII.	BIBLIOGRAFÍA	113
VIII.	ANEXOS	118

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Principales países productores de <i>Lupinus sp.</i> en el mundo, año 2016	6
Tabla 2: Principales regiones cosechadas de tarwi en el Perú	7
Tabla 3: Comparación de la composición química de los granos de Tarwi y Soya	15
Tabla 4: Porcentaje de alcaloides en el grano de tarwi	16
Tabla 5: Plagas que afectan a la planta de tarwi	22
Tabla 6: Enfermedades que afectan a la planta de tarwi	22
Tabla 7: Resultados del análisis de suelo y caracterización	26
Tabla 8: Datos meteorológicos promedios mensuales 2016 durante los meses en que se desarrolló del cultivo	28
Tabla 9: Material genético usado en el experimento I proveniente del centro del país	30
Tabla 10: Material genético usado en el experimento II proveniente del sur del país	30
Tabla 11: Fechas en las que se realizaron los riegos durante el desarrollo del cultivo	35
Tabla 12: Características de la planta evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del Centro conducido en Marcará-Ancash	45
Tabla 13: Características de la planta evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del Sur conducido en Marcará-Ancash	45
Tabla 14: Características del tallo evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del Centro conducido en Marcará-Ancash	46
Tabla 15: Características del tallo evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del Sur conducido en Marcará-Ancash	47
Tabla 16: Características de la hoja evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del Centro conducido en Marcará-Ancash	48
Tabla 17: Características de la hoja evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del Sur conducido en Marcará-Ancash	49
Tabla 18: Características de la flor evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del Centro conducido en Marcará-Ancash	53

Tabla 19: Características de la flor evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del Sur conducido en Marcará-Ancash	54
Tabla 20: Características de la vaina y semilla evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del Centro conducido en Marcará-Ancash	56
Tabla 21: Características de la vaina y semilla evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del Sur conducido en Marcará-Ancash	57
Tabla 22: Características evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del centro conducido en Marcará-Ancash	58
Tabla 23: Características evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del sur conducido en Marcará-Ancash	60
Tabla 24: Análisis de varianza de las características morfoagronómicas evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del centro conducido en Marcará-Ancash	68
Tabla 25: Cuadro de Duncan de las características morfoagronómicas evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del centro conducido en Marcará-Ancash	68
Tabla 26: Análisis de varianza de las características agronómicas evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del sur conducido en Marcará-Ancash	69
Tabla 27: Cuadro de Duncan de las características morfoagronómicas evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del sur conducido en Marcará-Ancash	69
Tabla 28: Análisis de varianza de las características evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del centro conducido en Marcará-Ancash	78
Tabla 29: Cuadro de Duncan de las características evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del centro conducido en Marcará-Ancash	78
Tabla 30: Análisis de varianza de las características evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del sur conducido en Marcará-Ancash	79
Tabla 31: Cuadro de Duncan de las características de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del sur conducido en Marcará-Ancash	79
Tabla 32: Análisis de varianza de las características evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del centro conducido en Marcará-Ancash	89
Tabla 33: Cuadro de Duncan de las características de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del centro conducido en Marcará-Ancash	89

Tabla 34: Características evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del Sur conducido en Marcará-Ancash	90
Tabla 35: Cuadro de Duncan de las características de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del Sur conducido en Marcará-Ancash	90
Tabla 36: Análisis de varianza de las características evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del Centro conducido en Marcará-Ancash	102
Tabla 37: Cuadro de Duncan de las características evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del Centro conducido en Marcará-Ancash	102
Tabla 38: Análisis de varianza de las características evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del Sur conducido en Marcará-Ancash	103
Tabla 39: Cuadro de Duncan de las características de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del Sur conducido en Marcará-Ancash	103

ANEXO

	Pág.
Anexo 1: Superficie sembrada de tarwi en el Perú del año 2005 hasta el 2017 en hectáreas	118
Anexo 2: Superficie cosechada de tarwi en el Perú del año 2005 hasta el 2017 en hectáreas	119
Anexo 3: Producción de tarwi en el Perú del año 2005 hasta el 2017 en hectáreas	120
Anexo 4: Rendimiento promedio de tarwi en el Perú del año 2005 hasta el 2017 en kilogramos por hectárea	121
Anexo 5: Precio de chacra del tarwi en el Perú del año 2005 hasta el 2017 en soles por kilogramo	122
Anexo 6: Triángulo textural del USDA	123
Anexo 7: Interpretación del pH del suelo (agua, 1:1)	123
Anexo 8: Tabla de los tipos de salinidad de suelos y sus efectos sobre las plantas de cultivo	124
Anexo 9: Clasificación del suelo según su contenido de materia orgánica (%)	124
Anexo 10: Nivel de materia orgánica según (%) el tipo de textura del suelo, para suelos con cultivo en regadío	124
Anexo 11: Nivel de fósforo (método de Olsen) (ppm) según la textura del suelo	125
Anexo 12: Nivel de potasio (método acetato) (ppm) según la textura del suelo	125
Anexo 13: Croquis experimental	126
Anexo 14: Tabla de altura de plantas de los ecotipos del centro	127
Anexo 15: Gráfica de altura de planta en función del tiempo de los ecotipos del centro	127
Anexo 16: Tabla de altura de plantas de los ecotipos del sur	128
Anexo 17: Gráfica de altura de planta en función del tiempo de los ecotipos del sur	128

RESUMEN

En los últimos años el cultivo de *Lupinus mutabilis* Sweet ha comenzado a tomar importancia en el sector agrario, su superficie cultivada se ha ido incrementando en el país por la gran demanda del grano en el mercado interno, siendo una de las localidades con mayor demanda de este grano el Callejón de Huaylas – Ancash. Sin embargo, la producción de esta leguminosa en esta localidad es baja en comparación con otras regiones. En el presente trabajo de investigación se propuso probar ecotipos de tarwi de diferentes localidades para ver cuáles de ellos podrían adaptarse mejor a esta localidad y presenten características agronómicas favorables que ayuden a obtener un buen rendimiento, para utilizarlas en posteriores trabajos.

El presente trabajo de investigación “Caracterización Fenotípica y de Rendimiento Preliminar de Ecotipos de Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en el Callejón de Huaylas – Ancash” se llevó a cabo en los terrenos del UNASAM, en el distrito de Marcará, provincia de Carhuaz, durante la campaña 2016. El material genético es procedente del Programa de Leguminosas y Granos de la UNALM, semillas obtenidas de colectas de distintas partes del país, buscando incrementar la producción de tarwi en esta región del país con variedades que se adapten y presenten las mejores características y rendimientos. Realizado con apoyo de PNIA, el Programa de Leguminosas y Granos de la UNALM y la UNASAM, en la que al ver la diversidad de los materiales se clasificó en dos grupos, ecotipos provenientes del Centro y ecotipos provenientes del Sur del país.

Se ha caracterizado morfológicamente a la planta, tallo, rama, hoja, flor y vaina. Los tratamientos para este proyecto fueron dispuestos bajo el Diseño de Bloques Completamente al Azar, el número de tratamientos totales es de 19 y dispuestos en 3 repeticiones cada uno, en uno se encontraban los materiales provenientes del centro del país (9 ecotipos) y en el otro bloque los provenientes del sur (10 ecotipos), utilizando una parcela de 2.4 m². De los 12 ecotipos del centro, solo 9 pudieron adaptarse adecuadamente y sobrevivir a las condiciones ambientales en el lugar de estudio.

En la caracterización morfológica del tallo, todos los ecotipos de tarwi evaluados no llegaron a presentar diferencias en el tipo de crecimiento, formación de tallo, pubescencia, color, intensidad de color y ramificación. Con respecto a la caracterización de las hojas,

no se encontraron diferencias en la forma de los foliolos y el color de las hojas. En las variables evaluadas en la que se llegó a presentar más diferencias entre los ecotipos, fueron en las que estaban relacionadas con el color de las flores y los granos.

Se realizó el análisis de variancia a un nivel de confianza de $\alpha=0.05$ determinando de esta manera su significación estadística, el coeficiente de variabilidad y el promedio de cada característica cuantitativa de los ecotipos y para la prueba de comparación de medias de los tratamientos se utilizó la Prueba de Duncan con un nivel de significación de $\alpha=0.05$.

No se encontró significación estadística en los parámetros: altura de plantas, número de vainas en la inflorescencia central, longitud de vaina, grosor de vaina y número de lóculos/vaina, lo cual indica que en todas estas variables, el comportamiento de los ecotipos tiene en promedio valores similares.

Se encontró significación estadística para la variable los ecotipos del centro fue en el alto número de inflorescencias laterales; mientras que para los ecotipos del sur fueron número de ramas primarias, días a la floración, número de inflorescencias laterales, número de granos por vaina, peso promedio de semillas de las inflorescencias centrales y laterales. En cambio, se encontró una alta significación estadística entre los ecotipos del centro en las variables número de ramas primarias, número de vainas por inflorescencia lateral, peso promedio de semillas de las inflorescencias laterales, peso por planta, rendimiento por hectárea y peso de 100 semillas; en cambio, los ecotipos del sur presentaron una alta significación estadística en las variables número de vainas/inflorescencia lateral, ancho de vainas y peso de 100 semillas.

Entre los ecotipos del centro, bajo las condiciones del Callejón de Huaylas, Moteado beige fue el que ocupó los mayores rendimientos, llegando a alcanzar un rendimiento de 3711.15 kg/ha, mientras que los de menor rendimiento fueron los ecotipos Compuesto A y Compuesto B con rendimientos de 1141.65 y 738 kg/ha respectivamente. Para los ecotipo del sur, el que ocupó mayor rendimiento fue el ecotipo 03-10-214 con rendimientos de 2341.45 kg/ha y el de menor rendimiento fue MGP con 619.65 kg/ha.

I. INTRODUCCIÓN

El tarwi o chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) se cultiva tradicionalmente en los Andes desde los 1.500 hasta los 3.850 m.s.n.m., encontrándose en Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Chile y Argentina. En el Perú su producción se centra en los departamentos de Ancash, La Libertad, Cusco, Puno, Junín, Cajamarca entre otros. Sus semillas son usadas en la alimentación humana, esta especie ocupa uno de los primeros lugares entre los alimentos nativos con elevado contenido de proteínas y aceites a nivel mundial. Es una leguminosa que fija nitrógeno atmosférico en cantidades apreciables de 100 kg/ha, restituyendo la fertilidad del suelo cultivada en el área andina desde épocas preincaicas. Se desarrolla en valles templados y áreas altoandinas (Jacobsen, S. y Mujica, A. 2006).

En los últimos cinco años no existían muchas investigaciones sobre esta planta, más en la actualidad, estudios sobre su valor proteico la presenta como una opción alimentaria importante a nivel mundial, es decir, se está produciendo una revalorización de este cultivo y un aumento progresivo en las investigaciones. Según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, el tarwi es considerado como la semilla del futuro, por su resistencia a los cambios climáticos, se adapta muy fácilmente a bajas temperaturas y su cultivo en suelos no muy fértiles.

La diversidad genética de esta especie es el resultado de la variación genética, la participación de factores ambientales y la intervención del hombre, en la actualidad se nota la mínima existencia de cultivares mejorados, los cuales presentan aún bajos rendimientos (Añaguari, 2013). 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.

El MINAGRI en el año 2017, reporta que en los últimos años la superficie cosechada de Tarwi en el Perú ha variado, aumentando periódicamente su área sembrada en la última década, en el año 2005 y 2015 fue de 8713 y 10190 hectáreas, respectivamente; con un reporte de producción total en ese año de 12 822 toneladas métricas y un rendimiento de 1258.33 kg/ha.

Los ecotipos de tarwi normalmente sembrados en el país son de procedencia regional, es decir, ecotipos cultivados en el país, y en cada zona existen problemas limitantes como su largo período vegetativo y susceptibilidad a enfermedades, plagas y factores

climáticos. Por ello, en la presente investigación se plantea caracterizar fenotípicamente y evaluar el rendimiento preliminar de diferentes ecotipos de tarwi que vienen cultivándose en el país en el ambiente del Callejón de Huaylas y seleccionar los ecotipos de tarwi que tengan características morfoagronómicas favorables para el incremento del rendimiento.

Es así como el Programa de Investigación y Proyección Social en Leguminosas de Grano y Oleaginosas de la Universidad Nacional Agraria La Molina ha planificado el estudio de accesiones de tarwi de diferente origen en condiciones de sierra central con los siguientes objetivos:

Objetivo General

- Evaluar las características fenotípicas y morfoagronómicas de los ecotipos de tarwi procedentes de las regiones centro y sur en las condiciones del Callejón de Huaylas-Ancash.

Objetivos Específicos

- Caracterizar los ecotipos de tarwi cultivados en el país en la zona de Marcará, Ancash.
- Evaluar el rendimiento de grano y sus componentes de los ecotipos de tarwi de la región centro y sur en condiciones de Marcará.

II. REVISIÓN LITERARIA

2.1. SITUACIÓN DEL TARWI EN EL PERÚ

Carrillo (1956), citado por Tapia y Fries (2007), señaló que dos culturas antiguas, la egipcia y la andina fueron las que domesticaron hace por lo menos cuatro mil años, dos especies de *Lupinus*: *Lupinus luteus* en Egipto y *Lupinus mutabilis* Sweet, 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. El tarwi se ha utilizado en la ecoregión andina por miles de años. Tapia y Fries (2007) explica que 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 (500-1 000 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 de ckera en quechua y ckela en aymara.

Martinez (2005) y Vásquez (1983) citados por Quispe (2015), señalan que el lupino o tarwi es una leguminosa extremadamente antigua, originaria de los Andes y su cultivo data desde hace más de tres mil años, y que también hay evidencias de su existencia desde la época del incanato, donde fue utilizado, como alimento básico. Luego de la llegada de los españoles, los lupinos fueron reemplazados en forma paulatina por otras leguminosas como el haba y la arveja, Huaranga (2017).

Neves (1993), citado por Quispe (2015), menciona que la producción del *L. mutabilis* en el periodo de 1980 - 1994 se detuvo, en valores promedio de 4000 hectáreas, 3400 toneladas anuales y bajos rendimientos de 0.8 t/ha. Frente a dicha problemática la cadena productiva tuvo que ser reforzada, el sector agronómico buscó mejoramiento genético, ampliación de genotipos del *L. mutabilis* para la conserva de distintas zonas del territorio nacional y adaptación de nuevas especies de lupinus como *L. albus* y *L. angustifolius*.

Los resultados para el tarwi nacional no tardaron en llegar ya casi al finalizar el siglo XX (1995 - 1999) se pudo percibir un incremento de 4000 a 7000 hectáreas cultivadas, una producción de 3400 a 7800 toneladas anuales y aumento de rendimiento promedio de 0.8 a 1 t/ha (FAO, 2017). Quispe (2015), asegura que el tarwi estaba recapturando

la atención del consumidor y que el refuerzo de la cadena productiva mantuvo a flote el cultivo del tarwi saliendo de su estancamiento y posible desaparición.

La cadena productiva del *L. mutabilis* de Perú ha estado en los últimos años en una nueva situación de estancamiento. Según la FAO (2017) desde el año 2005 hasta el 2014 el área cosechada de *L. mutabilis* en Perú permanece dentro del rango de 8 700 a 9 500 hectáreas de cultivo anuales, habiendo una pequeña reducción en la superficie cosechada en los años 2006 y 2007 con un aproximado de 7 470 hectáreas para ambos años; los niveles de producción hasta el año 2010 fueron de 8 200 a 10 000 toneladas anuales y un rendimiento de 1 t/ha; similar situación sufrida en el periodo de 1983 a 1993.

Cabe resaltar un incremento de producción a partir del año 2011, desde el cual la producción no ha sido menor de 11000 toneladas anuales y su rendimiento empezó a aumentar hasta los 1.2 ton/Ha. Esto da señales de trabajo por parte del sector agrícola, sin embargo dichos valores son mínimos si son comparados a nivel internacional.

Según la FAO (2017) Chile presentó una producción de tarwi durante los años 2002 - 2011, de 30 000 a 70 000 toneladas anuales generalmente con tendencia de crecimiento significativo y el sector europeo aún más, aunque en otras especies como *L. albus*, *L. angustifolius* y *L. luteus*. Si bien, los mayores rendimientos en el extranjero se atribuyen a que cultivan con variedades producto del mejoramiento genético y al manejo agronómico tecnificado. Esos avances e innovaciones permiten incrementar las áreas de cultivo en esos países, Huaríngá, (2017). En el anexo 1, 2, 3, 4 y 5 se encuentran tablas en las que se aprecian cómo ha sido la variación en los últimos años de la superficie sembrada y cosechada, producción, precios y rendimientos del tarwi en el Perú.

2.2. TAXONOMÍA Y DISTRIBUCIÓN

2.2.1. Taxonomía

La clasificación taxonómica según Camarena, et al. (2012) es:

Reino: Vegetal

División: Fanerógama

Clase: Dicotiledónea

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Tribu: Genisteae

Género: *Lupinus*

Especie: *Lupinus mutabilis* Sweet

2.2.2. Nombres comunes por regiones o lugares, sinónimos

Lupino, lupino amargo en español; chocho (norte de Perú, Ecuador y Colombia); tarwi o tarhui (quechua, parte central y sur de Perú); tauri (aymara, alrededor del lago Titicaca en Perú y Bolivia); chuchus muti (quechua, Cochabamba, Bolivia). La denominación en inglés Andean lupin o pearl lupin, ha sido usada en diferentes eventos internacionales (Tapia y Fries, 2007) y altramuces y tremoço en España y Brasil, Huaranga (2017).

2.2.3. Distribución geográfica

Según Tapia (2015) actualmente se pueden considerar dos grandes grupos de lupinos: los del viejo mundo (*Lupinus luteus*) de la zona del Mediterráneo, sobre todo España, Italia y parte de Grecia, en donde se les comercializa en forma de «pipos», y los lupinos de América (*Lupinus mutabilis* Sweet). De estos últimos, el lupino andino es el único que se seleccionó con fines de alimentación humana y se consume desde Colombia hasta Bolivia. En la tabla 1 se muestran cuales son los principales países productores de tarwi en el mundo, mientras que la tabla 2 se puede observar cuales son las principales regiones productoras de tarwi en el Perú. Un estudio realizado para determinar la importancia de los cultivos andinos en sus países de origen permitió determinar que en el Perú, Bolivia, Ecuador y Chile el chocho se constituía en un rubro prioritario, mientras que en Argentina y Colombia constituía un rubro de prioridad media (Jacobsen, 2002).

Así mismo Tapia (2015) señala que en el continente americano existen dos centros de mayor concentración de las especies del género *Lupinus*, estos son: California en los Estados Unidos que constituye un centro de distribución en cuanto a número de especies y su diversidad, y el otro centro son los Andes Centrales, desde el sur de Colombia hasta Bolivia, donde se siembra en pequeñas parcelas. Estas se ubican en las partes medias (2 200 - 3 500 msnm) de los valles interandinos; el valle del Mantaro, el valle del Vilcanota (Cusco), Ayacucho y Abancay en Perú y Cochabamba, Potosí, Sucre en Bolivia son a la vez los mayores centros de diversidad. En la figura 1 se observan los sectores en donde se encuentran las mayores plantaciones de tarwi en el Perú, alrededor del Lago Titicaca su cultivo está concentrado en las provincias de Yunguyo y Pomata en el Perú en suelos arenosos, a 3 800 msnm y son las variedades más tolerantes al frío y de crecimiento precoz. Actualmente la mayor superficie cultivada está en La Libertad con 3 472 hectáreas cosechadas en la provincia de Otuzco, Huamachuco y Julcan, Huaranga (2016).

Tapia (2015), sostiene que hasta hace unas décadas, el *L. mutabilis* era ampliamente cultivado y utilizado en la región andina; sin embargo, la posibilidad de ser cultivado para la alimentación animal en los países europeos de clima templado (España, Francia), ha despertado el interés en ser investigado y propagado en otras latitudes.

Tabla 1: Principales países productores de *Lupinus sp.* en el mundo, año 2016

País	Producción (t)	Rendimiento (Kg/ha)
Australia	651 946	1 220.7
Polonia	206 247	1 585.7
Rusia	184 679	1 573.1
Marruecos	61 631	670.9
Alemania	50 000	1 748.3
Ucrania	31 210	1 669.0
Total Mundial	1 284 842	1 731.4**

Fuente: Elaboración propia

** : Rendimiento mundial promedio

Tabla 2: Principales regiones cosechadas de tarwi en el Perú

Departamentos	Has
La Libertad	3 478
Cuzco	2 557
Puno	1 070
Apurímac	810
Huancavelica	217
Huánuco	959
Ayacucho	185
Áncash	160
Cajamarca	359

Fuente: Elaboración propia

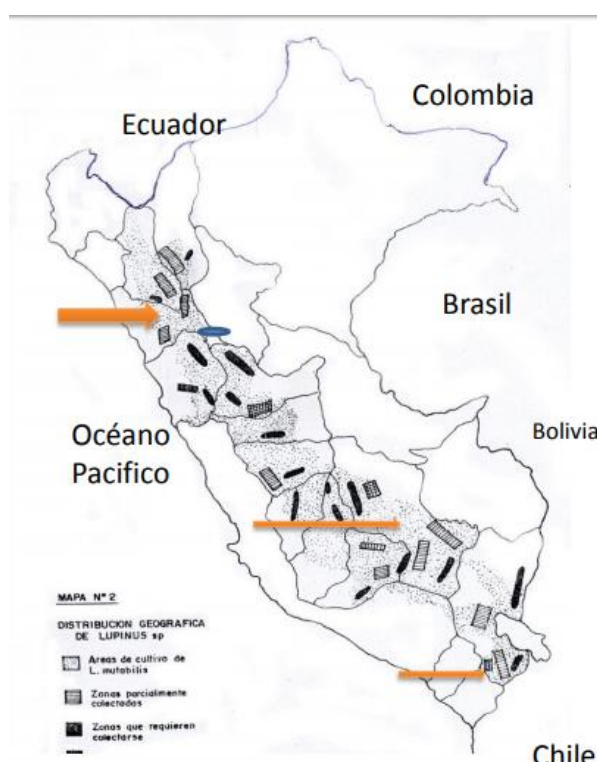


Figura 1: Sectores en donde se encuentran las mayores plantaciones de tarwi en el Perú según Tapia (2016)

2.3. FENOLOGÍA DE LAS ACCESIONES DEL TARWI

Huaringa (2014) citado por Aguilar (2015), hace una modificación a la escala de Caicedo y Peralta (2003) para la evaluación de la fenología para el cultivo del tarwi, en el cual se distingue cinco estados en la fase vegetativa y cinco estados en la fase reproductiva:

1. Germinación: Se contabiliza a partir del momento de la siembra cuando se dispone de condiciones de temperatura y humedad.
2. Emergencia: Cuando los cotiledones emergen del suelo de forma vertical.
3. Cotiledonar: Los cotiledones empiezan a abrirse en forma horizontal a ambos lados, y aparecen los primeros foliolos enrollados en el eje central.
4. Primer Desarrollo: Desde el apareamiento de hojas verdaderas hasta el desarrollo de hojas de 5 foliolos.
5. Segundo Desarrollo: Desde el apareamiento de hojas de mayor a foliolos hasta la presencia de la inflorescencia (2 cm de longitud). Se aprecia el desarrollo de ramas.
6. Prefloración: Aparece desde la presencia de botones florales de la inflorescencia central e inflorescencias de segundo orden.
7. Floración: Iniciación de apertura de flores.
8. Formación de vainas: Vainas con dos centímetros de longitud.
9. Llenado de vaina: Cuando la planta inicia el desarrollo del grano dentro del fruto.
10. Cosecha: Presencia de una coloración pajiza de la vaina, el tallo y las hojas durante la maduración del grano.

2.4. MORFOLOGÍA DE LA PLANTA

El tarwi es una planta generalmente anual, de crecimiento erecto y que puede alcanzar de 0.8m hasta más de 2m en las plantas más altas (Camarena, et al., 2012).

2.4.1. Raíces y nódulos

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 y Fries, 2007).

Por otro lado, Palacios (2004), citado por Araujo (2015), reporta que como toda leguminosa, el tarwi tiene una raíz pivotante vigorosa, ramificada, leñosa y poco profunda. Presenta múltiples ramificaciones y gran cantidad de raicillas y pelos radicales. En el Perú, las plantas de tarwi muestran generalmente en sus raíces primarias un gran número de nódulos que son bacterias nitrificantes llamadas *Rhizobium* que presentan un tamaño que varía de 1 a 3 cm. En los suelos donde hay presencia de estas bacterias, la formación de los nódulos comienza pocos días después de la germinación, al cortarlos presentan una coloración rojiza.

2.4.2. Tallo y ramificaciones

Según Camarena, et al. (2012), la planta de tarwi posee un tallo que alcanza entre los 0.5 a 2 metros de altura, siendo su valor promedio aproximado de 1 metro, por lo general este es grueso, de forma cilíndrica, leñoso y ramificado (de acuerdo al ecotipo presente, este puede ser ramificado o no ramificado) y dependiendo del grado de leñosidad que la planta presente, su color variará de verde a gris castaño.

2.4.3. Hojas

Gross (1982), citado por Rodríguez (2009) y Araujo (2015), mencionan que, la hoja del Tarwi es de forma digitada, generalmente conformada por 8 - 9 foliolos que varía entre ovalados a lanceolados. En la base de los peciolos existe pequeñas hojas estipuladas, muchas veces rudimentarias y estas se diferencian de las otras especies de Tarwi en las que las hojas tienen menos vellosidades. Las coloraciones de las hojas pueden variar de amarillo verdoso a verde oscuro, y esto depende del contenido de antocianina en la planta. Estas se diferencian de otras hojas de la especie *Lupinus* porque sus hojas tienen menos vellosidades.

2.4.4. Flores e inflorescencia

El tarwi pertenece a la subfamilia Papilionoideas por lo cual presenta una corola grande de 1 a 2 cm, con cinco pétalos y compuesta por un estandarte, dos quillas y dos alas. Según el tipo de ramificación que presente la planta, puede tener hasta tres floraciones sucesivas. Se menciona que en una sola planta pueden existir hasta 1000 flores (Tapia y Fries, 2007). Blanco (1980), citado por Araujo (2015), nos dice 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 se origina su nombre científico, *mutabilis*, es decir que cambia. Los colores más comunes son los diferentes tonos de azul e incluso púrpura; menos frecuentes son los colores blanco, crema, rosado y amarillo.

Lezcano (1994), citado por Aguilar (2015), expone que la quilla ciliada envuelve al pistilo y a los 10 estambres monodelfos. Las anteras son de dos tamaños dispuestas alternadamente. El estilo es encorvado y el cáliz presenta un borde dentado muy pubescente. Además, menciona que el tarwi presenta una proporción de polinización cruzada de aproximadamente 5 a 10%; sin embargo, puede alcanzar mucho más del 10% según el ecotipo y las condiciones ambientales. Con ello el tarwi se sitúa entre el clásico ejemplo de autopolinización y de polinización cruzada, hecho que se debe tener en cuenta en el trabajo práctico de mejoramiento.

2.4.5. Fruto

Marmolejo y Suasnabar (2010), citados por Araujo (2015), mencionan que el fruto es una vaina de forma elíptica u oblonga, el tamaño varía de acuerdo a la variedad entre 6 a 12 cm de longitud y de 1,5 a 2,3 cm de ancho, con sus extremos agudos la cubierta es pubescente. Cada vaina puede obtener de 1 a 8 semillas que son elipsoidales a lenticulares de 4 a 15 mm.

Por otro lado Caicedo y Peralta (2001), citados por Villacrés et al. (2008), afirmaron que el fruto es una vaina alargada de 5 a 12 cm, pubescente y contiene de 3 a 8 granos; mientras que Vich (2008) citado por Salvatierra (2014) menciona que las vainas pueden contener hasta 9 semillas.

2.4.6. Semilla

Gross (1982), citado por Callisaya (2012), reporta que las semillas de tarwi están incluidas en número variable en la vaina y varían de forma (redonda, ovalada a casi cuadrangular), miden entre 0,5 a 1,5 cm. Un kilogramo tiene 3500 a 5000 semillas. La variación en tamaño depende tanto de las condiciones de crecimiento como del ecotipo o variedad. La semilla está recubierta por un tegumento endurecido que puede constituir hasta el 10% del peso total. Los colores del grano incluyen blanco, amarillo, gris, ocre, pardo, castaño, marrón y colores combinados como marmoleado, media luna, ceja y salpicado.

Blanco (1980), citado por Araujo (2015), nos menciona que, la genética en la herencia del color de la semilla es bastante compleja y existen genes tanto para el color principal, como para cada una de las combinaciones.

2.5. REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

2.5.1. Temperatura

Gross (1982) citado por Aguilar (2015), menciona que el tarwi es un cultivo que se adapta a ambientes normalmente fríos donde se cultiva en Perú y Bolivia hasta una altura de más de 4000 m.s.n.m. por lo mismo que existe ecotipos que sobreviven a temperaturas por debajo a los - 9.5 °C. Sin embargo Tapia y Fries (2007) aclara que esto va a depender mucho de la fase fenológica en que se encuentra la planta de tarwi, tal es así que estadio de plántulas son susceptibles a heladas, sin embargo se puede encontrar campos con este cultivo en zonas de incidencia de heladas con temperaturas por debajo de -4 °C al final de la época de floración. La temperatura óptima para su cultivo es de 20 a 25 °C durante el día y 8 °C por la noche.

Tapia y Fries (2007), agrega que las diferencias de temperaturas entre el día y la noche muy características de la zona alto andina, se incrementa al final del periodo de crecimiento y estas condiciones ambientales favorecen la acumulación de grasa, Sin embargo, las heladas antes de la maduración del

grano lo afectan presentando una gran mayoría de granos “chupados”, con una significativa reducción de los rendimientos. Las heladas atrasan también la floración. Otro factor ambiental desfavorable son las granizadas que pueden provocar un aborto de las flores y dañar las vainas.

Meneses (1996), citado por Plata (2016), destaca que el *Lupinus mutabilis* Sweet es una planta que crece bien en climas templados a fríos, no cálidos sobre todo moderados y que el tarwi es susceptible a las heladas, razón por la que no se hace cultivo invernal. Su cultivo se hace en alturas que van desde los 2500 hasta los 4000 msnm, presentando temperaturas óptimas para el crecimiento durante el día que oscilan entre los 20 a 25°C y las temperaturas bajas por la noche favorecen la formación de los aceites hasta en un 20 %.

2.5.2. Humedad

Lescano (1994), citado por Quenallata (2008), sostiene que para una alta autopolinización, es indispensable contar con una elevada humedad atmosférica y que 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, ya que la humedad del aire tiene importantes efectos físicos y biológicos.

2.6. REQUERIMIENTO DE SUELOS

Acerca del suelo y de su fertilización, Gross (1982) y Franco (1991) citados por Tapia y Fries (2007), nos dicen que el lupino andino se adapta bien a suelos con textura gruesa, igualmente crece bien en suelos salinos de laderas y baja fertilidad. En suelos orgánicos el crecimiento se ve estimulado, retardándose la floración. En suelos arcillosos con poca aeración y mal drenaje, la asociación con *Rhizobium* se reduce. El lupino puede mostrar clorosis (coloración muy clara de las hojas) en suelos alcalinos con pH mayor de 7,0 lo cual se puede agravar por una deficiencia de hierro. Bajo condiciones de suelos ligeramente ácidos, el lupino tiene la habilidad de extraer la mayor

parte de sus minerales esenciales. La raíz, que penetra profundamente el suelo, puede influir en la estructura y el contenido de materia orgánica de los suelos. Millones (1980), citado por Quenallata (2008) y Plata (2016), señala que los suelos con pH de 4 a 7 son los suelos más adecuados para este cultivo. El tarwi tiene la característica de adaptarse muy bien a distintos tipos de suelos, sin embargo, se debe evitar cultivar *Lupinus mutabilis* en suelos mal drenados o alcalinos, ya que cuando es cultivado en suelos alcalinos se tiene problemas como: poco desarrollo vegetativo, clorosis y en casos extremos no hay producción. El *Lupinus* requiere un balance adecuado de nutrientes y no necesita elevados niveles de nitrógeno, pero sí la presencia de fósforo y potasio.

2.7. VARIABILIDAD Y DIVERSIDAD GENÉTICA

Tapia (2000), citado por Añanguari (2013), da a conocer que el tarwi muestra una amplia diversidad genética, con gran variabilidad en la arquitectura de la planta, adaptación a suelos, precipitación, temperatura y altura; asimismo en precocidad, contenido de proteínas, aceite, alcaloides y en rendimiento y tolerancia a enfermedades. El color del grano, planta y flor es variable. Su centro de origen estaría ubicado en la región andina de Ecuador, Perú y Bolivia, ya que en ella se encuentra la mayor variabilidad genética. En esa región se han identificado 83 especies del género *Lupinus*.

Desde el punto de vista alimenticio, medicinal, ritual, cultural, en la transformación y mejoramiento de las especies domesticadas, esta diversidad de parientes silvestres tiene importancia y repercusión en su utilización, proporcionando actualmente al agricultor disponibilidad sostenida y seguridad alimentaria (Jacobsen y Mujica 2006).

Añanguari (2013), nos dice que en Perú se conocen las variedades nativas ‘Andenes 80’, ‘Cuzco’, ‘K’ayra’, ‘Carlos Ochoa’, ‘Yunguyo’, ‘Altagracia’, ‘H6’, ‘SCG-9’, ‘SCG-25’, ‘SLP-1’, ‘SLP-2’, ‘SLP-3’, ‘SLP-4’, ‘SLP-5’; en Bolivia; ‘Toralapa’ y ‘Carabuco’ en Chile ‘Inti’, y que se conservan varias colecciones de trabajo, en universidades, institutos de investigación y proyectos de cooperación técnica a lo largo de la región andina. Se conservan más de 1 600 accesiones en cámaras frías de diferentes estaciones

experimentales. Las principales son, en el Perú, K'ayra en Cuzco, Santa Ana en Huancayo, Illpa y Camacani en Puno, Baños del Inca en Cajamarca y Canáan en Ayacucho; en Bolivia, Patacamaya, Toralapa y Pairumani; en Ecuador, Santa Catalina.

En el Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA), para el año 2010, se encontraban concentradas alrededor de 1846 accesiones de tarwi en su banco de germoplasma, el cual se encuentra en la Estación Experimental Agraria Santa Ana, en Huancayo (Camarena, et al., 2012).

2.8. IMPORTANCIA DEL GRANO

2.8.1. Composición química del grano

Según Salvatierra (2014), el tarwi contiene un nivel nutricional superior debido a que la proteína que contiene es rica en lisina, el cuál es un aminoácido vital de mucha importancia nutricional, y porque presenta un alto valor nutritivo como fuente de proteína, grasa y fibra.

A pesar de ser un alimento altamente nutritivo no puede ser usado directamente en la alimentación humana debido a la presencia de sustancias anti nutricionales como los alcaloides tipo quinolizidínicos, los cuales son amargos y tóxicos siendo su consumo altamente peligroso para el hombre y para los animales. El alto contenido de alcaloides quinolizidínicos en el grano de (*Lupinus mutabilis* Sweet) (2,6 a 4,2%), constituye el principal obstáculo para la expansión de su consumo, por lo que es necesario reducir drásticamente el contenido de alcaloides para emplearlo en la alimentación humana o animal a un 0,07% en base húmeda (Salvatierra (2014) citando a Gross. (2008)).

Camarena, et al. (2012), mencionan que el valor nutritivo es muy importante en esta leguminosa, donde el tarwi es rico en proteínas y grasas razón por la cual debería ser más utilizado en la alimentación humana y su contenido proteico es incluso superior al de la soya (Tabla 3), por ello la proteína del

tarwi es una excelente opción para sustituir o reducir el consumo de proteína animal y evitar así los problemas de salud.

Toctaquiza y Boero (2012), sostienen que el grano es amargo debido a la presencia de alcaloides quinolizidinicos, este contiene en promedio 42% de proteína, en base seca; sin embargo el proceso de desamargado (eliminación de alcaloides), permite concentrar aún más el contenido de este nutriente, registrando valores de hasta 51% en base seca. El grano también tiene un gran contenido de aceite (18 a 22%), en el que predominan los ácidos grasos: Oleico (40.4%), Linoleico (37.1%) y Linolénico (2.9%). Tiene de 41 a 51% de proteínas, lo cual lo coloca como una alternativa nutricional donde el consumo de carne es escasa o nula y en una gran opción para los vegetarianos, 28.2 % de carbohidratos, 7.1% % de fibra, 15% de calcio 10% de hierro.

Por otro lado, Plata (2016), citando a Gross et al. (1988), menciona que las semillas de tarwi son excepcionalmente nutritivas. Las proteínas y aceites que contienen constituyen más de la mitad de su peso, y que 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.

Tabla 3: Comparación de la composición química de los granos de Tarwi y Soya

COMPONENTE	TARWI	SOYA
Proteína	44.3	33.4
Grasa	16.5	16.4
Carbohidratos	28.2	35.5
Fibra	7.1	5.7
Ceniza	3.3	5.2
Humedad	7.7	9.2

Fuente: Plata (2016) citando a Gross et al. (1988)

2.8.2. Alcaloides

Quispe D. (2015), citando a Castillo (1979), reporta que en un estudio de *Lupinus mutabilis* de Huancayo Perú, se demostró que los alcaloides están mayormente presentes en la semilla que en la cáscara, con porcentajes de 2.77% y 0.26% respectivamente.

La presencia de alcaloides en el Tarwi, que son tóxicos y dan sabor extremadamente amargo a la semilla, es la razón por la que se ha priorizado el desarrollo de un proceso de desamargado. Se considera que un contenido de 0.02% de alcaloides remanentes después del desamargado es el límite que se puede aceptar como seguro para el consumo humana (Gross et al., 1976 citado por Tapia y Fries 2007).

Caicedo y Peralta (2000), citados por Aliaga y Quijada (2013), afirman que: “El alto contenido de alcaloides quinolizidínicos (2.6 a 4.2%) en el grano de *Lupinus mutabilis*, constituye el principal obstáculo para la expansión de su consumo, por lo que es necesario reducir drásticamente el contenido de alcaloides para emplearlo en la alimentación humana o animal. Para rumiantes y aves basta una reducción del contenido total de alcaloides a 0.4 a 0.6%, mientras que para los seres humanos y para los cerdos, el contenido de alcaloides en el grano no debe sobrepasar el 0.05%. La reducción de alcaloides en el chocho se puede realizar cambiando la genética del cultivo o mediante procesamiento tecnológico.”

Tabla 4: Porcentaje de alcaloides en el grano de tarwi

ALCALOIDES	PORCENTAJE (%)
Lupanina	60.0
13-Hidroxlupanina	15.0
Esparteína	7.5
4-Hidroxlupanina	9.0
Isolupanina	3.0

Fuente: Jarrín, 2003

2.8.3. Usos medicinales

Según los conocimientos y saberes andinos de los agricultores que cultivan el tarwi en la cultura Aymara en Puno, señalan que esta legumbre es medicinal y controla diferentes enfermedades como: diabetes, males renales, resaca, etc (Jacopsen y Mujica 2006). También se usan sus propiedades curativas para eliminar infestación de parásitos externos en el ganado vacuno (garrapatas), al mezclar el agua hervida amarga de tarwi con agua hervida de ajeno y hollín de cocina. Con el producto de esta infusión, se baña al animal afectado y se repite hasta que quede libre de parásitos.

Gálvez et al. (2009), citado por Chirinos-Arias (2015), menciona que es importante el recalcar que el tarwi es la única especie del género *Lupinus* que posee isoflavonas (un tipo de flavonoides) en sus semillas que son conocidas por sus propiedades antioxidantes.

2.9. MANEJO AGRONÓMICO

2.9.1. Preparación del terreno

Meneses (1996), citado por Quenallata (2008), señala que con bastante anticipación se debe realizar una buena preparación del terreno, con la finalidad de acumular el agua de invierno (barbecho) y al mismo tiempo facilitar la descomposición de restos de cultivos anteriores y la eliminación de las malezas que podrían existir, siendo además esta una práctica que ayuda en la aireación del terreno.

Gross (1982), citado por Callisaya (2012), indica que la preparación del terreno depende de las condiciones del suelo y del clima, así como del nivel tecnológico del agricultor. Una buena preparación del terreno debe hallarse libre de malezas y tener la humedad suficiente para cubrir la necesidad de agua que hace falta para el hinchamiento y germinación del grano.

2.9.2. Siembra y densidad

La siembra se efectúa en condiciones generalmente de secano, en forma tradicional, en parcelas muy pequeñas y aisladas. Incluso en muchos casos se siembra como borde de cultivos de maíz, papa, quinua como un medio de protección contra el ganado, ya que por el sabor amargo no es consumido y tiene un olor algo repelente. La siembra se realiza mayormente al voleo, sin embargo puede ser en surcos (50 – 60 cm), o en golpes sin remoción del suelo en lo que se podría llamar siembra directa o sin volteo del terreno. Los mejores rendimientos se obtienen con el método de surcos, en el que se emplea entre 60 – 80 kg / ha de semilla (Tapia y Fries, 2007).

Gross (1982), citado por Callisaya (2012), menciona que la semilla se coloca en suelos pesados a una profundidad de 2 cm y en suelos francos hasta un máximo de 4 cm. En suelos más ligeros se puede sembrar a mayor profundidad. A medida que aumenta la profundidad disminuye la emergencia, puesto que se presentan enfermedades germinales que atacan al hipocótilo.

Camarena, et al. (2012) del Programa de Leguminosas de Grano y Oleaginosas de la Universidad Nacional Agraria La Molina mencionan que en el Callejón de Huaylas, se recomienda sembrar de la siguiente forma:

- a) Ecotipos precoces (de cinco a seis meses de periodo vegetativo).

Modalidad de siembra: en surcos y golpes.

Distanciamiento entre surcos: 0.80 m.

Distanciamiento entre golpes: 0.30 m.

Nº de semillas por golpe: cinco para luego desahijar a tres por cada golpe que equivale a 125. 000 plantas /ha.

- b) Ecotipos tardíos (más de seis meses de periodo vegetativo).

Modalidad de siembra: en surcos y golpes.

Distanciamiento entre surcos: 0.80 m.

Distanciamiento entre golpes: 0.60 m.

N° de semillas por golpe: cinco para luego desahijar a tres por cada golpe que equivale a 62. 500 plantas /ha.

2.9.3. Fertilización y Abonamiento

Debe realizarse en función de los resultados del análisis de suelo. Una recomendación general de fertilización para suelos arenosos es el uso de 30 a 60 kg por hectárea de P₂O₅ (fósforo) a la siembra, que se cubre con la incorporación de 65 a 130 kg por hectárea de 18-46-00. Para corregir deficiencias de micronutrientes se debe realizar una aplicación foliar, sin embargo, no es recomendable el uso de abonos foliares que contengan nitrógeno (INIAP, 2014). Para el caso del nitrógeno se usa guano de corral además no se requieren de altas dosis debido a que es una leguminosa que recoge nitrógeno del aire y lo fija en el suelo (Camarena et al., 2012). El tarwi puede fijar hasta 100 kg/ha de nitrógeno restituyendo la fertilidad del suelo (Jacobsen et al., 2007).

Franco (1991), citado por Tapia y Fries (2007), nos dice que como leguminosa, el tarwi no requiere de abonamiento nitrogenado. Como resultado del proceso de simbiosis entre la raíz y las bacterias *Rhizobium lupini*, estas pueden fijar nitrógeno que puede incluso ser un aporte para el cultivo que lo sigue. La característica del tarwi de fijar nitrógeno en el suelo, no se ha aprovechado suficientemente. No se tienen resultados claros que cuantifiquen el nitrógeno aportado al suelo después de un año de cultivo, debido a la diversidad de suelos en que se cultiva. En suelos suficientemente profundos y con buena materia orgánica se estima un aporte de entre 60 a 80 kg/ha de nitrógeno. Estas estimaciones son calculadas de acuerdo a los rendimientos obtenidos con papas, en campos de rotación, al año siguiente de haberse cultivado esta leguminosa.

2.9.4. Labores Culturales

- Necesidad hídrica

Gross y von Baer (1981), citados por Aguilar (2015), mencionan que el riego es uno de los factores ambientales más importante ya que de ello se genera una buena germinación, un buen crecimiento de la planta, una buena floración, llenado de vainas y por ende un buen rendimiento, los requerimientos de humedad dependen de los ecotipos esto debido a que el tarwi se cultiva bajo lluvia, por lo que sus necesidades hídricas oscilan entre 400 a 800 mm. También la planta es susceptible a sequías durante la formación de flores y frutos, afectando seriamente la producción.

Por otro lado, el INIAP (2014), reporta que el chocho es una especie que tolera la escasez de agua, pero es importante que exista humedad a la siembra para una buena germinación y emergencia de plántulas, la floración y llenado de vainas, por lo que su requerimiento mínimo es de 300 mm de lluvia durante el ciclo del cultivo; y que sin embargo, cuando se dispone de agua de riego se debe de hacer uso de ésta, de preferencia en las etapas antes mencionadas, regando por el sistema de gravedad o surcos sin causar encharcamiento.

Meneses (1996), citado por Quenallata (2008), 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.

- Desmalezado

Meneses (1996), citado por Plata (2016), menciona que el desmalezado 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.

Gross y von Baer (1981), citados por Quenallata (2008), señalan que el cultivo desarrolla primeramente su sistema radicular hacia abajo, se retarda su crecimiento aéreo durante el estado de roseta, y las malas hierbas como las gramíneas y la mostaza silvestre aventajan a los lupinos en altura, sustrayéndoles la energía solar necesaria para la asimilación. Además, las malezas pueden actuar como hospederas intermedias de diferentes enfermedades y plagas, constituyendo de esta manera, focos primarios de infección.

2.9.5. Plagas

Sánchez et al., 1991, citado por Aguilar (2015), nos dicen que el cultivo del tarwi presenta en sus primeros estadios cortadores a nivel del cuello de la planta entre ellos *Feltia sp.* y *Agrotis sp.*, es muy común la presencia de adultos de *Astylus* en la época de floración alimentándose del polen de la flor del tarwi. El gusano celeste del tarwi, que pertenece a la familia Pyralidae, es una de las plagas que viene tomando importancia durante los últimos años ya que pueden disminuir la producción hasta en un 20%, alimentándose principalmente de la médula de la raíz, éstas pueden llegar a encontrarse entre 4 a 5 larvas por planta. En la tabla 5 se muestran las plagas más importantes presentes en el cultivo de tarwi.

2.9.6. Enfermedades

Tapia y Fries (2007) nos dice que el tarwi es una planta relativamente tolerante a enfermedades fungosas y a plagas, sin embargo en condiciones ambientales húmedas se pueden presentar problemas como la antracnosis. En la tabla 6 se muestran las enfermedades más importantes presentes en el cultivo de tarwi.

Tabla 5: Plagas que afectan a la planta de tarwi

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	ATAQUE
Insectos del suelo:	<i>Feltia spp.</i>	Larvas cortan plántulas
Cortadores	<i>Agrotis spp.</i>	
gusano peludo de la semilla	<i>Copitarsia turbata</i>	Larvas comen cotiledones y raíz, adulto come polen.
	<i>Astylus spp.</i>	
Barrenadores: gorgojo barrenador	<i>Apion spp.</i>	Galerías en la base del tallo
Minador de hojas	<i>Liriomyza spp.</i>	Minan hojas
Picadores: Trips	<i>Franklinella spp.</i>	Perforan hojas y castran flores
Cigarritas	<i>Bergalia sp.</i>	Consumen savia y transmiten virus
Masticadores	<i>Diabrotica spp.</i>	Comedores de hojas
	<i>Epicauta spp.</i>	

Fuente: Camarena, et al., 2012, y la FAO (2007) y Sánchez et al. citados por Aguilar A. (2015).

Tabla 6: Enfermedades que afectan a la planta de tarwi

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	CONTROL
Antracnosis	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Desinfección de semillas
Quemado de tallo	<i>Ascochyta sp.</i>	Drenaje
	<i>Phoma lupini</i>	Rotación de cultivos
Marchitez	<i>Rhizoctonia solani</i> (plantas jóvenes)	Rotación de cultivos
	<i>Fusarium oxysporum</i> (plantas adultas)	
Roya	<i>Uromyces lupini</i>	Rotación de cultivos
Mancha anular	<i>Chrysocelis lipinicola</i>	
Pudrición de la base del tallo	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Rotación de cultivos

Fuente: Camarena, et al., 2012, y la FAO (2007) y Sánchez et al. citados por Tapia y Fries (2007).

2.9.7. Cosecha

Una vez que las vainas adquieren una coloración amarillenta, las plantas son arrancadas y colocadas en ramas con el fin de terminar el secado, para luego continuar con el trillado y así finalmente obtener el grano (Tapia y Fries, 2007). Por otro lado Mamani (1982), citado por Aguilar (2015), nos dice que la cosecha se realiza cuando las vainas de la segunda floración están amarillas; además no se debe de esperar las demás floraciones, porque las heladas no dejan madurar a estas vainas y en consecuencia se produce un retraso en la cosecha. Además es recomendable cortar las plantas y no arrancarlas ya que las raíces se quedan en el suelo junto con el nitrógeno para

utilizarlo en la próxima campaña. Sin embargo, el INIAP (2001), citado por Plata (2016), menciona que 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.

2.9.8. ENSAYOS COMPARATIVOS DE RENDIMIENTO

Quenallata (2008), evaluó variables agronómicas de cinco ecotipos diferentes de tarwi en dos comunidades diferentes, encontrando rendimientos de granos promedios desde los 1384.70 a 2189.70 kg/ha, los días a la floración variaron de 101 días hasta los 164 días para los ecotipos más tardíos, en cambio para la variable madurez fisiológica a la cosecha fue alcanzada entre los 195 días en los ecotipos más precoces hasta los 265 días en los más tardíos, para el parámetro altura de planta se alcanzaron promedios que fueron desde los 64.63 hasta los 105.33 cm, se encontraron número de granos por vainas promedios de 4.90 a 5.23 granos/vainas y con respecto a la variable peso de 100 semillas, los valores oscilaron desde 21.42 hasta los 31.48 gramos.

Callisaya (2012) evaluando el comportamiento agronómico del cultivo de tarwi bajo dos métodos y tres diferentes densidades de siembra en la campaña 2010, encontró rendimientos de grano seco promedios de 1706.47 a 1897.87 kg/ha, los días a la floración promedios variaron de 122.00 a 125.00 días, en cambio la madurez a la cosecha fue alcanzada entre los 199.33 y 203.33 días, las longitudes de vainas variaron de 7.43 a 8.90 cm, números de ramas/plantas promedios de 2.33 a 5.43 y longitudes de plantas de 75.61 a 82.19 cm.

Añanguari (2013) al realizar la caracterización morfológica y de componentes de rendimiento de compuestos avanzados de tarwi en dos localidades diferentes en la campaña 2011-2012, llegándose a encontrar rendimientos máximos de 1.84 t/ha, siendo los componentes que contribuyen a mayores rendimientos el número de vainas por eje central y ejes laterales; la variable

días a la floración vario de 92 a 98 días, para la variable número de vainas por eje central no se encontraron significaciones estadísticas, destacando el compuesto que presentó 22 vainas para esta variable.

Aguilar (2015), en su evaluación de rendimientos de grano y capacidad simbiótica de once ecotipos de tarwi en la campaña 2012, aunque no se encontró una significación estadística para la variable rendimientos de granos, esta osciló desde los 1191 kg/ha como mínimo hasta los 1795 kg/ ha para la accesión que ocupó los mayores rendimientos, mientras que los días a la floración y días a la madures de cosecha para la variable más precoz fueron de 117 y 231 días respectivamente y el peso máximo de 100 semillas obtenido llego hasta los 28.67 gramos.

Araujo (2015) evaluando parcelas de comprobación de compuestos de tarwi en dos localidades del Valle del Mantaro en la campaña 2012-2013, encontró rendimientos de granos de 2.40 t/ha para la variedad Yunguyo y de 2.30 t/ha para la variedad Andes, con respecto a los días a floración este fue de 93.67 días para su genotipo más precoz, el peso promedio de 100 semillas obtenido fue de 28.68 gramos.

Plata (2016), evaluando dos variedades de tarwi, bajo diferentes densidades de siembra, encontró que los rendimientos de grano secos promedio variaron de 1320.33 a 1456.19 kg/ha, la floración vario entre 121 y 141 días, la madurez a la cosecha fue alcanzada entre los 224 y 237 días después de la siembra y en cuanto al promedio de peso de 100 semillas, los valores alcanzados oscilaron de 22.26 a 23.87 gramos.

Huaringa, et al. (2017), evaluaron la interacción de genotipo x ambiente en *Lupinus sp.*: respuesta de ecotipos de tarwi y variedades en Junín y Ancash, en los que encontraron rendimientos que variaron desde 28.82 hasta 70.08 gramos/planta, alturas de planta que vario entre 74.7 y 143.7 cm y en cuanto al peso de 100 semillas, los valores oscilaron de 17.3 hasta los 27 gramos.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CAMPO EXPERIMENTAL

3.1.1. Ubicación

El presente ensayo fue realizado en el Fundo Allparumi, localizado en el distrito de Marcará, una de los once distritos de la provincia de Carhuaz, ubicado en el Departamento de Ancash, en la Región Ancash, Perú, cuya ubicación es la siguiente:
Altitud: 2700 m.s.n.m.

Latitud: 9° 32' 80.24" S

Longitud: 77° 60' 69.54" O

El distrito de Marcará cuenta con una superficie de 157.49 km², lo que representa el 19.59% del tamaño total de la provincia de Carhuaz.

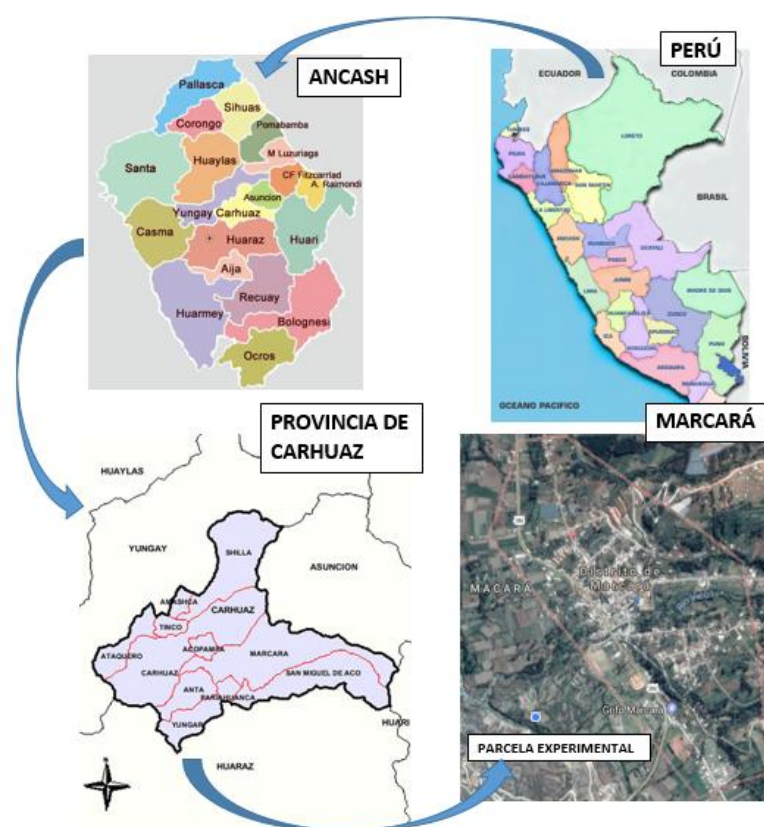


Figura 2: Mapa de ubicación de la Provincia de Carhuaz y Zona donde se realizó el experimento: distrito de Marcará

3.1.2. Historia de campo

Los cultivos que antecedieron a la siembra del ensayo fueron maíz.

3.2. ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

En la tabla 7 se observa los resultados de los parámetros más importantes del análisis de caracterización del suelo de la zona en estudio, en donde se realizó el ensayo.

Tabla 7: Resultados del análisis de suelo y caracterización

TIPO DE ANÁLISIS		RESULTADOS	MÉTODO
ANÁLISIS FÍSICO			
Arena	%	64	Hidrómetro
Limo	%	26	Hidrómetro
Arcilla	%	10	Hidrómetro
Clase textural		Franco arenoso	Triángulo textural
ANÁLISIS QUÍMICO			
pH		5.52	Potenciómetro
C.E.	ds/m	0.32	Lectura del extracto de saturación en la celda eléctrica
CaCO₃	%	0.00	Método gaso-volumétrico
M.O.	%	2.17	Walkley y Black
P	ppm	7.4	Olsen modificado
K	ppm	41	Extracción con acetato de amonio
CIC	(meq/100g)	8.00	Saturación con acetato de amonio
Ca⁺⁺	(meq/100g)	3.70	Fotometría de llama y/o absorción atómica
Mg⁺⁺	(meq/100g)	0.80	Fotometría de llama y/o absorción atómica
K⁺	(meq/100g)	0.13	Fotometría de llama y/o absorción atómica
Na⁺	(meq/100g)	0.13	Fotometría de llama y/o absorción atómica
Al⁺⁺ H⁺	(meq/100g)	0.1	Fotometría de llama y/o absorción atómica

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos, plantas, agua y fertilizantes del Departamento de Suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

En el anexo 5, de acuerdo al triángulo textural y la clasificación de suelos del Departamento de Agricultura delos Estado Unidos, se puede comprobar el dato dado en el análisis, de que el suelo presenta una clase textural Franco arenosa (FA) con un 64% de arena, 26% de lima y 10% de arcilla. Según Tapia (1997), esta clase textural es ideal para el tarwi, ya que este se desarrolla mejor en suelos francos a franco arenosos, cuando estos presentan una adecuada humedad.

El pH registrado fue de 5.52, el cual según el Anexo 6, corresponde al rango de moderadamente ácido; según Tapia (1994), citado por Callisaya (2012), nos dice que

los suelos con un pH que oscila entre 5 y 7 son los suelos que están dentro del rango requerido para el cultivo de tarwi.

La C.E. es de 0.32 ds/m, el cual se ve en el Anexo 7 y nos da a conocer que este suelo es no salino, por lo que no hay efecto de las sales sobre el cultivo.

La M.O. es de 2.17%, según el Anexo 8, este es considerado como un porcentaje medio de M.O. Sin embargo, en comparación con la Tabla 9 del anexo, se aprecia que el porcentaje de M.O. obtenido en el análisis del suelo es alto para el tipo de suelo (F.A.) de la zona en estudio (Andrades, 2014).

La cantidad de fósforo encontrado en la muestra de suelo fue de 7.4 ppm, según la Tabla 10 del anexo, cantidades de P menores a 12 ppm (secano) y 15 ppm (regadío) son considerados niveles bajos de P en el suelo, por ende no hubo una aportación energética óptima por parte del suelo.

La cantidad de potasio de la muestra de suelo fue de 41 ppm, según la Tabla 11 del anexo, la cantidad de K presente en el suelo es muy bajo, ya que cantidades de K en el suelo por debajo de 125ppm (secano) y 155 ppm (regadío) son considerados bajos.

La capacidad de intercambio catiónico fue de 8 meq/100g de suelo, el cual corresponde a un rango bajo, lo que quiere decir que la retención e intercambio de nutrientes en la solución fue baja. Esto es debido al alto porcentaje de arena y a la baja cantidad de arcilla que posee el suelo, ya que la arena no retiene cationes como lo hace la arcilla.

3.3. ANÁLISIS METEOROLÓGICO

Los datos climáticos de la zona (Tabla 8) fueron registrados, por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), los valores de temperatura, precipitación pluvial ocurridos durante el ciclo vegetativo del cultivo de tarwi. Los parámetros meteorológicos correspondientes al periodo en el que se ejecutó el experimento de abril a octubre se obtuvo de la Estación tipo convencional “Santiago Antúnez de Mayolo – 000426” de la provincia de Huaraz a una latitud de 9° 30’ 59.5’’, longitud de 77° 31’ 2.5’’ y a una altura de 3079 m.s.n.m.

Tabla 8: Datos meteorológicos promedios mensuales 2016 durante los meses en que se desarrolló del cultivo

MESES	Temp. Max (°C)	Temp. Media (°C)	Temp. Min (°C)	Precipitación (mm)
ABRIL	26.4	16.5	5.0	25.2
MAYO	26.4	15.5	2.2	13.1
JUNIO	25.6	14.4	1.8	4.5
JULIO	26.2	14.5	2.4	0.2
AGOSTO	26.8	13.8	3.6	0.4
SEPTIEMBRE	28.0	16.9	4.0	35.3
OCTUBRE	25.4	16.2	5.8	22.8

Fuente: Dirección Regional SENAHMI 2016

3.3.1. Temperatura

En la figura 3 se observa que durante el desarrollo del cultivo la temperatura máxima se dio durante el mes de septiembre alcanzando los 28 °C, mientras que la temperatura mínima se registró durante el mes de junio con un valor de 1.8 °C. La temperatura media del ambiente durante los meses en que se desarrolló del cultivo fue de 15.4 °C, la temperatura media máxima fue de 16.9 °C en el mes de septiembre, mientras que la mínima temperatura media fue de 13.8 °C en el mes de agosto.

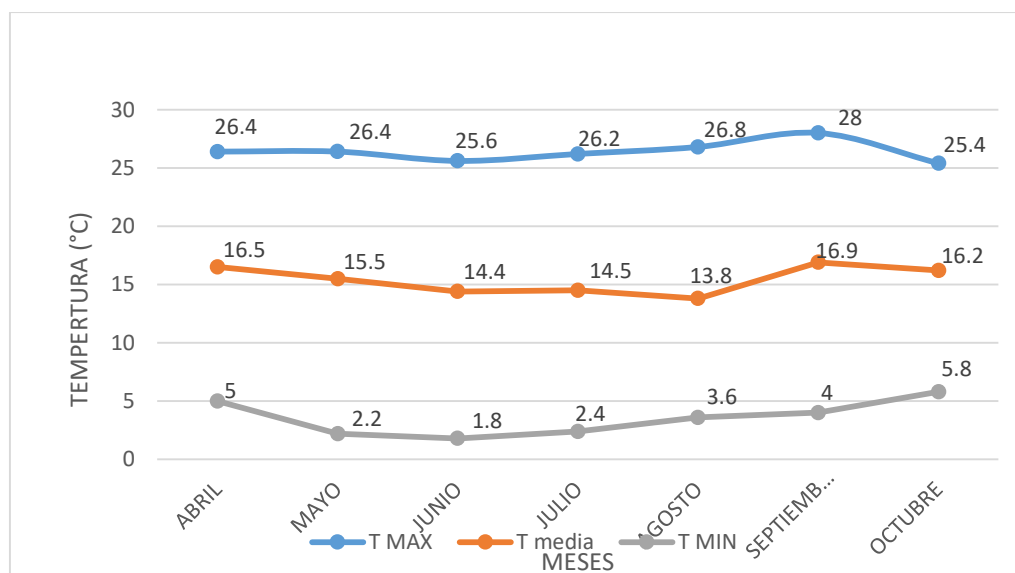


Figura 3: Registro de temperatura máxima, mínima y media durante el desarrollo del cultivo en el distrito de Marcará (SENAMHI, 2016)

3.3.2. Precipitación pluvial

En la figura 4 se observa que durante el período de desarrollo del cultivo, la precipitación pluvial mensual se ausentó para el cultivo, haciendo que se tenga que usar agua de riego durante el ensayo para darle a las plantas la cantidad de agua suficiente para que estas se puedan desarrollar de manera normal durante la campaña. La máxima precipitación pluvial se dio durante el mes de septiembre con 35.3 mm de agua, mientras que la cantidad mínima de precipitación pluvial se dio en el mes de julio con 0.2 mm de agua.

Esta reducción en la precipitación se dio debido a que desde Mayo hasta Septiembre es la estación de época seca, si bien en mayo y septiembre aún hay algo de precipitación presente, en los meses desde Junio a Agosto estos son prácticamente inexistentes.

En el gráfico, en el mes de octubre se muestra una disminución en comparación con el mes de septiembre debido a que para este mes solo fueron tomados en cuenta los datos que se presentan hasta el día 10 de octubre, que fue cuando se realizó la segunda cosecha y el momento en donde se terminó con la parte de campo del experimento.

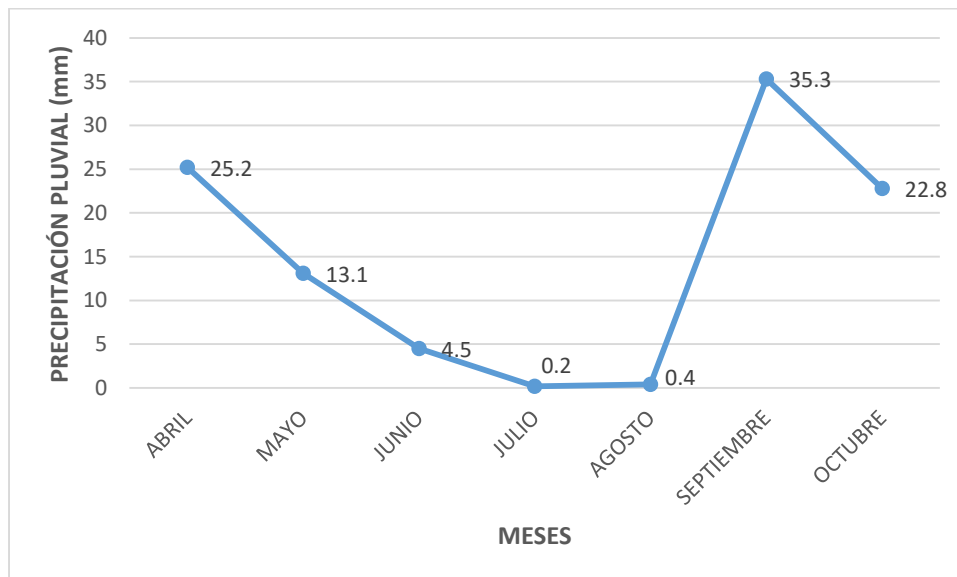


Figura 4: Registro de precipitación pluvial durante el desarrollo del cultivo en el distrito de Marcará (SENAMHI, 2016)

3.4. MATERIAL DE ESTUDIO

El material genético en estudio del experimento estuvo formado por 19 ecotipos de tarwi o chocho, recaudados por del Programa de Investigación de Leguminosas de Grano y Oleaginosas de la Universidad Nacional Agraria La Molina. La lista de ecotipos se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 9: Material genético usado en el experimento I proveniente del centro del país

TRATAMIENTOS	IDENTIFICACIÓN	ORIGEN
1	Huancavelica	Acobamba
2	Compuesto blanco	Huancayo
3	H6 INIA	Huancayo
4	Moteado beige	Lima
5	Yanamuclo 008-1	Huancayo
6	Cheje Copari	Huánuco
7	Yanamuclo PLGO	Huancayo
8	Compuesto A	UNCP
9	Compuesto B	UNCP

Tabla 10: Material genético usado en el experimento II proveniente del sur del país

TRATAMIENTOS	IDENTIFICACIÓN	ORIGEN
1	Andenes-INIA	Cuzco
2	Tarwi cuzco I	UNSAAC
3	Tarwi cuzco II	UNSAAC
4	Tarwi Yunguyo	Yunguyo
5	Chaje tarwi	Puno
6	Blanquita	UNAP
7	Apurímac I	Andahuaylas
8	Apurímac II	Andahuaylas
9	MG Puno	Yunguyo
10	03-10-214	UNAP

3.5. MATERIALES Y EQUIPOS DE CAMPO

Los materiales y herramientas utilizados en la presente investigación son:

- Herramientas manuales; picotas, palana
- Letreros para identificar tratamientos
- Etiquetas para muestrear plantas

- Marcadores
- Cinta métrica para medir plantas
- Wincha para delimitar parcela experimental
- Bolsas de papel
- Sobres de Papel Kraft para la preparación la cosecha
- Sacos de polipropileno
- Cuaderno de campo para anotar datos
- Lapicero
- Cámara fotográfica para documentar fotos
- Balanza electrónica
- GPS

3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño utilizado para la presente investigación fue el diseño en bloques completo al azar, el número de tratamientos variará de acuerdo a cada experimento: el Experimento I (9 tratamientos) y el Experimento II (10 tratamientos), con tres repeticiones por experimento.

El modelo aditivo lineal que se usó para el análisis de variancia fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Rendimiento en kg/parcela en el i-ésimo bloque ante el j-ésimo tratamiento en estudio.

μ = Efecto de la media general de los ecotipos de tarwi en estudio.

T_i = Efecto de la accesión i.

B_j = Efecto del bloque j.

E_{ij} = Efecto del error experimental en la unidad sujeta al accesión i en el bloque j.

Características del campo experimental

- Número de repeticiones : 3
- Número de tratamientos : 19
 - Ecotipos del Centro : 9
 - Ecotipos del Sur : 10
- Parcela experimental

• Número de surcos por parcela	:	1
• Longitud de surco	:	3 m
• Distancia de surco	:	0.8 m
• Número de semillas por golpe	:	4
• Número de golpes por surco	:	11
• Distancia entre golpes	:	0.3 m
• Número de semillas por parcela	:	48
• Número de parcelas	:	57
• Área de la parcela	:	2.4 m ²
• Área neta total	:	153.9 m ²

Los bloques, tratamientos y parcelas se distribuyen en el campo, tal como se muestra en la figura 12 del Anexo.

3.7. METODOLOGÍA

Originalmente el presente proyecto se consideró evaluar 30 ecotipos distintos de tarwi en tres experimentos: experimento I (ecotipos provenientes de la región central), experimento II (ecotipos provenientes de la región sur) y experimento III (ecotipos provenientes de la región norte).

Los ecotipos de tarwi del experimento III presentaron una escasa población de plantas y un período vegetativo para alcanzar la floración muy larga. En el momento en que se realizó la segunda cosecha, que fue el momento en que los ecotipos del centro y sur terminaron su período vegetativo, las plantas del experimento III se encontraban aun en etapas fenológicas entre el desarrollo vegetativo e inicio de floración, estas características hicieron que no se continúen evaluando estas plantas para el ensayo de rendimiento. Por las consideraciones expuestas este experimento no reunió los requisitos para ser incluido en esta investigación.

Los ensayos experimentales fueron instalados bajo el diseño de bloque completo al azar con 9 y 10 ecotipos de tarwi con tres repeticiones para el experimento I y el experimento II, respectivamente. El testigo para el experimento I fue Andenes y para el experimento II fue Yunguyo. El campo experimental se preparó con lampa y picota, se culminó con el surcado a 0.80 m. La siembra fue en seco con una parcela experimental de 2.4 m². Se evaluó el rendimiento y algunas características morfológicas siguiendo la metodología propuesta por el Programa de Leguminosas

de Grano y Oleaginosas de la Universidad Agraria La Molina, como también evaluaciones de variables cuantitativas de acuerdo a las normas internacionales aceptadas, siendo las mediciones en unidades métricas para características continuas y características discretas tomando al azar 10 plantas competitivas en la parcela.

3.8. INSTALACIÓN Y MANEJO DEL EXPERIMENTO

3.8.1. Preparación del terreno, demarcación y trazado

Un día antes de la preparación del terreno se efectuó el riego por inundación para que la preparación del suelo sea más fácil y además tenga humedad suficiente para la germinación de la semilla. Debido a que en el Perú el cultivo de tarwi es llevado a cabo en suelos con labranza mínima

El cultivo de tarwi en el país se lleva a cabo en suelos con labranza cero (terrenos en descanso) y solo remueven el suelo con herramientas como la lampilla y picota para la siembra. También siembran el cultivo después de cosechar la papa en forma aleatoria sin distribución y orden alguno (apreciación personal del suscrito).

La preparación del suelo es el punto de partida para el inicio de una campaña de cualquier cultivo en general, a partir de ello uno se proyecta a llegar a obtener buenos rendimientos. Por un tema de reducción de costos de producción así como reducir problemas de erosión del suelo sea por viento o agua es de preferencia utilizar una labranza mínima o cero.

La preparación del terreno se realizó de fines de Marzo a inicios de Abril, la cual se empezó con la limpieza de restos de cosecha de maíz y aplicación de glifosfato en los bordes del terreno, seguido de un arado, pasado de gradas, surcado y limpieza manual de grama china. Dando un distanciamiento entre surcos de 0.8 m. la demarcación del área se hizo con cal marcando los bloques, calles y parcelas.

3.8.2. Preparación de la semilla y siembra

En el Programa de Leguminosas de Grano y Oleaginosas de la Universidad Nacional Agraria La Molina se planifico este estudio y se consideró hacer la evaluación de materiales de tarwi según las regiones donde estas se cultivan.

Durante la selección de las semillas, se vio que se utilicen semillas que presentaban una uniformidad de color y buena calidad, separando semillas que sean muy

pequeñas, que estén dañadas por plagas o enfermedades o que presentaba una variabilidad en forma o color de las demás. Luego de la selección se embolsaron las semillas en 66 bolsas en total. Se separaron 65 semillas/bolsa, teniendo así las 48 semillas que se usaran en la siembra y un respaldo de 17 semillas que serían usadas para realización de la resiembra, si esta fuera necesaria.

El experimento se realizó a fines del verano del 2016, siendo la siembra el 05 de Abril, donde la profundidad de siembra fue de 5 centímetros y la distancia entre semillas de 30 centímetros. El experimento se instaló siguiendo las pautas recomendadas por el Programa de Leguminosas y Oleaginosas de Grano.

3.8.3. Abonamiento

A 16 días de la siembra se realizó un abonamiento, en la cual se aplicó N-P-K en proporciones iguales 20-20-20, dando a las plantas 15g/golpe.

3.8.4. Control de malezas

Se realizó el manejo de malezas en tres ocasiones, a fin de evitar competencia por los nutrientes, luz, agua y para dar a las plantas el espacio necesario para su desarrollo normal, eliminando las plantas débiles y de menor tamaño.

El primer desmalezado fue manualmente poco antes de la siembra, para el segundo se aplicó media mochila del herbicida Afalon (100cc) poco después de la emergencia de las plántulas de tarwi y el tercero fue de manera manual durante el aporque.

3.8.5. Aporque

Esta labor se realizó a inicio de la formación de vainas. Debido a cómo se desarrolla el tarwi, por su peso y tamaño, es necesario la realización del aporque para evitar un tumbado de plantas. Por eso es importante esta labor que proporciona sostenibilidad a la planta, airea el suelo, etc.

El desarrollo del tarwi, por su tamaño y su peso, pueden traer como consecuencia su tumbado. Por eso es muy importante el aporque para dar sostenibilidad a la planta, airear el suelo, etc.

3.8.6. Riegos

La campaña agrícola para este estudio fue en Abril del 2016 y las precipitaciones en esta época estaban finalizando, por lo que el experimento se hizo bajo condiciones de riego, en este experimento se realizaron en total 11 riegos, los cuales se presentan en la tabla 11.

Tabla 11: Fechas en las que se realizaron los riegos durante el desarrollo del cultivo

FECHA	RIEGO
15 días	1er riego
24 días	2do riego
30 días	3er riego
53 días	4to riego
63 días	5to riego
70 días	6to riego
77 días	7mo riego
84 días	8vo riego
91 días	9no riego
98 días	10mo riego
109 días	11vo riego

3.8.7. Control fitosanitario

- Plagas

Uno de los problemas que se presentó en campo fueron los gusanos de tierra en las etapas iniciales del cultivo y para su control se realizó dos aplicaciones química a cuello de planta de 1 ½ mochilas/aplicación que contenían lannate (20g) y cypermex (20cc), la primera fue a los 15 días y la segunda a los 30 días. También se realizó la aplicación de 2 mochilas de Tifon en una concentración de 20cc/mochila.

- **Enfermedades**

Antes de la siembra se procedió a la aplicación de Benlate previamente separado por parcela y tratamiento, para evitar las enfermedades radiculares que se presentaran en los primeros estadios de la planta.

Durante la época en la que se desarrolló el experimento no hubo una gran incidencia de enfermedades. En la etapa de crecimiento vegetativo se encontraron algunas plantas con incidencia de roya en sus hojas, pero no se realizaron aplicaciones debido a que las plantas presentaban tolerancia.

3.8.8. Cosecha

La cosecha se realizó en el estado de madurez fisiológica (plantas amarillas), se realizó en forma manual y en dos momentos, realizándose la primera cosecha a los 156 días, durante estos días, solo se cosecharon las inflorescencias principales de los ecotipos del sur, debido a que estos fueron más precoces que los ecotipos del centro, las vainas procedentes de inflorescencias secundarias de los ecotipos del sur, como el total de vainas de los ecotipos del centro fueron cosechadas en la segunda cosecha, que se realizó a los 188 días.

La cosecha se hizo de forma manual desde las mañanas, simplemente arrancando las vainas con las manos, esta acción se repitió para todos los tratamientos, teniendo cuidado en el manejo para no romper las vainas y así evitar caídas de granos, lo que influiría posteriormente en el rendimiento por pérdida de vainas y granos. Al momento de la cosecha las vainas de cada ecotipo fueron puestas en bolsas de papel con sus respectivas etiquetas de identificación.

3.8.9. Secado de granos

Luego de la cosecha, con su respectiva identificación se llevaron las vainas a un lugar en el que estas puedan completar su maduración y el secado de manera general por 2 a 3 semanas, reduciendo así la humedad de las vainas, para facilitar el trillado.

3.8.10. Trillado

Posterior al secado se realizó el trillado y selección de grano cosechado de cada parcela correctamente identificada para su conservación. Además, se tomó 10 plantas

al azar de cada parcela para realizar las posteriores evaluaciones de los componentes de rendimiento debidamente identificados con una tarjeta. El mismo procedimiento se hizo para todos los ecotipos.

3.9. CARACTERÍSTICAS EVALUADAS EN EL EXPERIMENTO

Se realizaron las evaluaciones según lo explicado en los descriptores para tarwi. (International board for plant genetic resources, 1981), viéndose las diferentes características morfológicas, agronómicas y de rendimiento del cultivo. Las características evaluadas fueron:

1. Caracterización de los ecotipos:

1.1. Tipo de crecimiento

- 1 Herbáceo
- 2 Arbustivo

1.2. Porte de la planta

- 1 Erecto
- 5 Semi erecto
- 9 Decumbente

1.3. Tallo

1.3.1. Formación del tallo

- 0 Tallo principal no prominente
- + Tallo principal prominente

1.3.2. Pubescencia del tallo

- 0 Glabro
- + Pubescente

1.3.3. Color del tallo

- 1 Amarillo
- 2 Verde
- 3 Gris

1.3.4. Intensidad del color del tallo

3 Claro

5 Medio

7 Oscuro

1.4. Ramificación

1.4.1. Ramificación

0 No ramificada

+ Ramificada

1.4.2. Ramas primarias

Número por planta. Media de 10 plantas.

1.5. Hoja

1.5.1. Forma de los folíolos

1 Elíptica

2 Se ensancha hacia los extremos

3 Otras formas

1.5.2. Número de folíolos por hoja

Media de 10 plantas

1.5.3. Color de hoja

1 Amarillo

2 Verde

3 Gris

1.5.4. Intensidad del color de la hoja

3 Claro

5 Medio

7 Oscuro

1.6. Inflorescencia

El color de las flores y su intensidad son factores importantes en la caracterización del género *Lupinus*. Los tres componentes de la flor: alas, quilla y estandarte pueden tener color distinto. Las diferencias entre el color de las flores recién abiertas y aquella de las flores viejas es otra característica importante en éste género.

1.6.1. Color del botón floral antes de la floración

- 1 Blanco
- 2 Amarillo
- 3 Naranja
- 4 Rosa
- 5 Rojo
- 6 Verde
- 7 Azul
- 8 Violeta
- 9 Marrón

1.6.2. Intensidad del color del botón floral antes de la floración

- 3 Claro
- 5 Medio
- 7 Oscuro

1.6.3. Color del ala de las flores recién abiertas

- 1 Blanco
- 2 Amarillo
- 3 Naranja
- 4 Rosa
- 5 Rojo
- 6 Verde
- 7 Azul
- 8 Violeta
- 9 Marrón

1.6.4. Intensidad del color en las alas de las flores recién abiertas

- 3 Claro
- 5 Medio
- 7 Oscuro

1.6.5. Color en la quilla de las flores recién abiertas

- 1 Blanco
- 2 Amarillo
- 3 Naranja
- 4 Rosa
- 5 Rojo

6 Verde

7 Azul

8 Violeta

9 Marrón

1.6.6. Intensidad del color de la quilla de las flores recién abiertas

3 Claro

5 Medio

7 Oscuro

1.6.7. Color en la quilla de las flores poco antes de marchitarse

1 Blanco

2 Amarillo

3 Naranja

4 Rosa

5 Rojo

6 Verde

7 Azul

8 Violeta

9 Marrón

1.6.8. Inserción de las flores

0 No verticiladas

+ Verticiladas

1.6.9. Número de verticilos

Medida de 10 plantas. Media en la inflorescencia principal o en su defecto de la primera inflorescencia según la especie.

1.6.10. Longitud de la inflorescencia principal

Media de 10 plantas. Media en la inflorescencia principal o en su defecto de la primera inflorescencia, según la especie. Medida en centímetros desde la flor interior hasta el ápice de la inflorescencia al final del período de floración.

1.7. Vaina

1.7.1. Número de vainas por planta

Media de 10 plantas. Contadas al final de la floración.

1.7.2. Pico de la vaina y tamaño

Media de 10 plantas. Señalar la media de la ubicación y del tamaño del pico de las vainas.

1.8. Semilla

1.8.1. Color predominante de la semilla

- 1 Blanco
- 2 Amarillo
- 3 Naranja
- 4 Rosa
- 5 Rojo
- 6 Verde
- 7 Azul
- 8 Violeta
- 9 Marrón

1.8.2. Color secundario de la semilla

- 0 No hay color secundario
- 1 Blanco
- 2 Amarillo
- 3 Naranja
- 4 Rosa
- 5 Rojo
- 6 Verde
- 7 Azul
- 8 Violeta
- 9 Marrón

2. Datos morfoagronómicos

2.1. Altura de planta

Se tomó la medida de diez plantas al final de la floración, desde la base del cuello al final de la inflorescencia del tallo principal, expresado en centímetros.

2.2. Número de vainas por planta

Se tomó como dato el número de vainas totales que hay por plantas, considerando la media de diez plantas.

2.3. Rendimiento por planta

Promedio de diez plantas expresados en gramos.

3. Rendimiento y sus componentes:

3.1. Rendimiento: Se registró el peso total de los granos por planta.

Obteniéndose a partir del peso promedio de semillas por planta, expresado en kg/ha.

3.2. Días a floración: Se registró el número de días transcurridos a partir de la fecha de siembra, hasta que el 50% de las plantas alcancen la floración.

3.3. Peso de 100 semillas: Se pesaron al azar 100 semillas de la parcela y se expresó en gramos.

3.4. Número de inflorescencias laterales por planta: Viene a ser el número de vainas tomadas del promedio de 20 inflorescencias laterales.

3.5. Número de vainas por inflorescencia central: Se tomó como dato el número de vainas que hay en la inflorescencia central de la planta, considerando la media de diez plantas.

3.6. Número de vainas por inflorescencia lateral: Se tomó como dato el número de vainas que hay en la inflorescencia lateral de la planta, considerando la media de diez plantas.

3.7. Longitud de vaina: Se midió todas las vainas de una planta y se calculará la media de diez plantas.

3.8. Ancho de vaina: Se tomó la medida al azar 10 vainas de 10 plantas.

- 3.9. Grosor de vaina:** El valor registrado al medir las vainas de perfil es el promedio de 10 vainas expresadas en centímetros.
- 3.10. Número de lóculos por vaina:** Se registró el número promedio de lóculos por vaina, de un total de 10 vainas tomadas al azar.
- 3.11. Número de granos por vaina:** Se registró el número promedio de granos por vaina, tomadas de las 10 vainas del parámetro anterior.
- 3.12. Peso de granos de la inflorescencia central:** Se registró el peso promedio de los granos de la inflorescencia central de la planta, considerando la media de diez plantas, se expresó el peso en gramos.
- 3.13. Peso de granos de las inflorescencias laterales:** Se registró el peso promedio de los granos de las inflorescencias laterales de la plantas, considerando la media de diez plantas, se expresó el peso en gramos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con los datos obtenidos de los 19 ecotipos de tarwi que se desarrollaron de manera normal en la comunidad de Marcará, se prosiguió al realizar el análisis de varianza individual, análisis de varianza combinado, comparación de promedios mediante prueba de Duncan al 5% de probabilidad estadística, que será explicada de acuerdo a cada variable en estudio.

4.1. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA

4.1.1. Características de la planta

- Ecotipos del centro

En la tabla 12 se observa que para la variable porte de planta, los ecotipos Huancavelica, Compuesto blanco, H6 INIA, Cheje Copari, Compuesto A y Compuesto B fueron de crecimiento semi erecto, sin embargo existieron otros que presentaron un porte de planta decumbente, como el Motedo beige, Yanamucllo 008-1 y Yanamucllo PLGO. En cambio, todos los ecotipos presentaron el mismo tipo de crecimiento, el cual fue arbustivo.

- Ecotipos del sur

En la tabla 13 se observa que en la variable porte de planta, por excepción del ecotipo Chaje tarwi que fue de porte erecto, todos los otros ecotipos fueron semi erectos. En cambio, todos los ecotipos presentaron el mismo tipo de crecimiento, el cual fue arbustivo.

Tabla 12: Características de la planta evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del centro conducido en Marcará-Ancash

Ecotipo	Porte de planta	Tipo de crecimiento
Huancavelica	Semi erecto	Arbustivo
Compuesto blanco	Semi erecto	Arbustivo
H6 INIA	Semi erecto	Arbustivo
Moteado beige	Decumbente	Arbustivo
Yanamuclo 008-1	Decumbente	Arbustivo
Cheje Copari	Semi erecto	Arbustivo
Yanamuclo PLGO	Decumbente	Arbustivo
Compuesto A	Semi erecto	Arbustivo
Compuesto B	Semi erecto	Arbustivo

Tabla 13: Características de la planta evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del sur conducido en Marcará-Ancash

Ecotipo	Porte de planta	Tipo de crecimiento
Andenes INIA	Semi erecto	Arbustivo
Tarwi Cuzco I	Semi erecto	Arbustivo
Tarwi Cuzco II	Semi erecto	Arbustivo
Yunguyo	Semi erecto	Arbustivo
Chaje tarwi	Erecto	Arbustivo
Blanquita	Semi erecto	Arbustivo
Apurímac I	Semi erecto	Arbustivo
Apurímac II	Semi erecto	Arbustivo
MGP	Semi erecto	Arbustivo
03-10-214	Semi erecto	Arbustivo

4.1.2. Características del tallo

- Ecotipos del centro

En la tabla 14 se observa que para las variables formación de tallo, pubescencia, color e intensidad del color del tallo y tipo de ramificación de los tallos, todos los ecotipos se expresaron genéticamente de la misma forma, presentando tallos arbustivos, ramificados, de formación no prominente, glabros y de coloración verde, con una intensidad de color de tallo media.

Tabla 14: Características del tallo evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del centro conducido en Marcará-Ancash

Ecotipo	Formación de tallo	Pubescencia del tallo	Color del tallo	Intensidad de color del tallo	Tipo de ramificación de los tallos
Huancavelica	No prominente	Glabro	Verde	Medio	Ramificado
Compuesto blanco	No prominente	Glabro	Verde	Medio	Ramificado
H6 INIA	No prominente	Glabro	Verde	Medio	Ramificado
Moteado beige	No prominente	Glabro	Verde	Medio	Ramificado
Yanamuclo 008-1	No prominente	Glabro	Verde	Medio	Ramificado
Cheje Copari	No prominente	Glabro	Verde	Medio	Ramificado
Yanamuclo PLGO	No prominente	Glabro	Verde	Medio	Ramificado
Compuesto A	No prominente	Glabro	Verde	Medio	Ramificado
Compuesto B	No prominente	Glabro	Verde	Medio	Ramificado

- Ecotipos del sur

En la tabla 15 se observa que en la variable porte de planta, por excepción del ecotipo Chaje tarwi que fue de porte erecto, todos los otros ecotipos fueron semi erectos. En cambio, para las variables tipo de crecimiento, formación, pubescencia, color e intensidad del color del tallo, todos los ecotipos se

expresaron genéticamente de la misma forma, presentando las mismas características, presentando tallos arbustivos, ramificados, de formación no prominente, glabros y de coloración verde media, presentando tallos arbustivos, ramificados, de formación no prominente, glabros y de coloración verde media.

Tabla 15: Características del tallo evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del sur conducido en Marcará-Ancash

Ecotipo	Formación de tallo	Pubescencia del tallo	Color del tallo	Intensidad de color del tallo	Tipo de ramificación de los tallos
Andenes INIA	No prominente	Glabro	Verde	Claro	Ramificado
Tarwi Cuzco I	No prominente	Glabro	Verde	Claro	Ramificado
Tarwi Cuzco II	No prominente	Glabro	Verde	Claro	Ramificado
Yunguyo	No prominente	Glabro	Verde	Claro	Ramificado
Chaje tarwi	No prominente	Glabro	Verde	Claro	Ramificado
Blanquita	No prominente	Glabro	Verde	Claro	Ramificado
Apurímac I	No prominente	Glabro	Verde	Claro	Ramificado
Apurímac II	No prominente	Glabro	Verde	Claro	Ramificado
MGP	No prominente	Glabro	Verde	Claro	Ramificado
03-10-214	No prominente	Glabro	Verde	Claro	Ramificado

Para las características del tallo entre los ecotipos del Centro y Sur, ambos ecotipos presentaron características similares en la mayoría de variables, presentando solo diferencias en el porte de planta e intensidad de color del tallo. La mayoría de plantas de los ecotipos presentaron un porte semi erecto, con la diferencia de la presencia de planta decumbentes para los ecotipos del centro y plantas erectas para los ecotipos del sur, y con respecto a la intensidad del color del tallo, para las plantas de centro esta

fue de mediana intensidad, mientras que para las del sur presentaron intensidades de color claras.

4.1.3. Características de la hoja

- Ecotipos del centro

En la tabla 16 se observa que para las variables tipo de ramificación, forma de los folíolos y color de hoja, todos los ecotipos se expresaron genéticamente de la misma forma, presentando tallos ramificados y folíolos elípticos de coloración verdosa. Sin embargo hubo una diferencia en la intensidad del color de estos folíolos, con excepción del ecotipo Huancavelica que presentó folíolos de una intensidad más oscura, el resto de ecotipos presentó folíolos con una intensidad de color media (ni tan clara, ni tan oscura).

Tabla 16: Características de la hoja evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del centro conducido en Marcará-Ancash

Ecotipo	Forma de los folíolos	Color de hoja	Intensidad del color de las hojas
Huancavelica	Elíptica	Verde	Oscuro
Compuesto blanco	Elíptica	Verde	Medio
H6 INIA	Elíptica	Verde	Medio
Moteado beige	Elíptica	Verde	Medio
Yanamuclo 008-1	Elíptica	Verde	Medio
Cheje Copari	Elíptica	Verde	Medio
Yanamuclo PLGO	Elíptica	Verde	Medio
Compuesto A	Elíptica	Verde	Medio
Compuesto B	Elíptica	Verde	Medio

- Ecotipos del sur

En la tabla 17, se observa que para las variables tipo de ramificación, forma de los folíolos y color de hoja, todos los ecotipos se expresaron genéticamente de la misma forma, presentando tallos ramificados y folíolos elípticos de coloración verdosa. Sin embargo hubo una diferencia en la intensidad del color de estos folíolos, presentando los ecotipos Andenes INIA, Tarwi Cuzco I, Yunguyo, Chaje tarwi y 03-10-214 una intensidad de color de hoja media (ni tan clara, ni tan oscura), y los ecotipos Tarwi Cuzco II, Blanquita, Apurímac I, Apurímac II y MGP intensidades de color de hojas más claras.

Tabla 17: Características de la hoja evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del sur conducido en Marcará-Ancash

Ecotipo	Forma de los folíolos	Color de hoja	Intensidad del color de las hojas
Andenes INIA	Elíptica	Verde	Medio
Tarwi Cuzco I	Elíptica	Verde	Medio
Tarwi Cuzco II	Elíptica	Verde	Claro
Yunguyo	Elíptica	Verde	Medio
Chaje tarwi	Elíptica	Verde	Medio
Blanquita	Elíptica	Verde	Claro
Apurímac I	Elíptica	Verde	Claro
Apurímac II	Elíptica	Verde	Claro
MGP	Elíptica	Verde	Claro
03-10-214	Elíptica	Verde	Medio

Para las características de la hoja entre los ecotipos del Centro y Sur, ambos ecotipos presentaron características similares, presentando folíolos de forma elíptica y coloración verde, encontrándose solo diferencias en la intensidad de

color, debido a que, mientras en el centro se encontraron hojas de intensidades de color medias a oscuras, en el sur las intensidades fueron de claras a medias.

4.1.4. Características de la flor

- Ecotipos del centro

Como se observa en la tabla 18, con respecto a la variable, color de los botones florales antes de la floración, la mayoría de ecotipos presentaron botones florales con una coloración amarillenta antes de la floración, sin embargo los ecotipos Compuesto blanco y Moteado beige presentaron para esta variable una coloración verdosa, para el color de las alas de las flores recién abiertas, se observó que por excepción del ecotipo Compuesto A que presentó colores rosados para esta variable, todos los demás ecotipos presentaron un color violeta.

Con respecto a la intensidad del color de las alas de las flores recién abiertas, los ecotipos Huancavelica, Moteado beige y Cheje Copari presentaron una intensidad de color más oscura, mientras que los ecotipos Compuesto blanco, Yanamuco PLGO y Compuesto B presentaron intensidades medias de color, por último, los ecotipos H6 INIA, Yanamuco 008-1 y Compuesto A presentaron intensidades de color más claras para esta misma variable. Todos los ecotipos presentaron quillas de color rosado en el momento de que estas recién se habían abierto. En cambio para la variable intensidad del color de las quillas en flores recién abiertas si hubo una variación en los ecotipos, presentando los ecotipos Huancavelica, H6 INIA, Yanamuco 008-1, Yanamuco PLGO, Compuesto A y Compuesto B intensidades de color de quilla en flores recién abiertas claras, mientras que los ecotipos Compuesto blanco, Moteado beige y Cheje copari presentaron para esta misma variable intensidades de color medias.

El color de las quillas de la mayoría de los ecotipos fue Azul, sin embargo el ecotipo Cheje Copari presentó flores con quillas de colores violeta suave,

mientras que el ecotipo Compuesto A presentó quillas de colores rosadas. Con respecto al color de la quilla de las flores antes de marchitarse, la mayoría de ecotipos presentaron flores con quillas de coloración azulada antes de la marchitez de estas, en cambio, el ecotipo Cheje Copari presentó quillas de coloración violeta suave y el ecotipo Compuesto A presentó quillas de coloración rosa antes de que estas se marchiten. Para la variable inserción de flores, todos los ecotipos presentaron flores verticiladas.

- Ecotipos del sur

Como se observa en la tabla 19, con respecto a la variable color del botón floral antes de la floración, los ecotipos Andenes INIA, Chaje tarwi y Apurímac II presentaron botones florales de coloración verdosas antes de la floración, mientras que los ecotipos Tarwi Cuzco I, Tarwi Cuzco II, Yunguyo, Blanquita, Con respecto a la intensidad del color de las alas de las flores recién abiertas, los ecotipos Andenes INIA, Tarwi Cuzco I, Tarwi Cuzco II, Yunguyo, Blanquita, Apurímac I y Apurímac II presentaron intensidades medias de color, en cambio los ecotipos Chaje tarwi y 03-10-214 presentaron para esta variable intensidades de color más oscuras, por último, el ecotipo MGP presentó intensidades de color más claras para esta misma variable. Para la variable color de la quilla de las flores recién abiertas, los ecotipos Andenes INIA, Chaje tarwi, Blanquita, Apurímac I y Apurímac II presentaron quillas de color violeta, mientras que para esta misma variable, los ecotipos Tarwi Cuzco I, Tarwi Cuzco II, Yunguyo, MGP y 03-10-214 presentaron, para esta misma variable, quillas de color rosado. En cambio para la variable intensidad del color de la quilla de las flores recién abiertas, a excepción de los ecotipos Chaje tarwi y 03-10-214 que presentaron intensidades de color medias, todos los otros ecotipos presentaron intensidades claras para la misma variable. Todos los ecotipos presentaron flores con colores de quillas azules, con excepción del ecotipo MGP que presentó quillas de colores violeta suave.

Para la variable color de la flor, todos los ecotipos presentaron flores de color azul, con excepción del ecotipo MGP que presentó flores rosadas. Con respecto al color de la quilla de las flores antes de marchitarse, con excepción

del ecotipo MGP que presentó quillas de color violeta suave antes de que estas marchiten, todos los otros ecotipos presentaron quillas de coloración azulada antes de la marchitez. Para la variable inserción de flores, todos los ecotipos presentaron flores verticiladas.

Las características de la flor fueron las variables en las que se encontraron un mayor número de diferencias entre los ecotipos, sin embargo, tanto los ecotipos del Centro y Sur presentaron las mismas diferencias para la gran mayoría de los ecotipos.

Las variables relacionadas al color de las flores son factores importantes, Narbona E. et al. 2014, citando a Whittall et al. 2006 y a Des Marais y Rausher 2010, menciona que en lo referente a variaciones de color entre especies hermanas, existen diversos estudios que han investigado, con la ayuda de técnicas moleculares, si las transiciones de color floral están correlacionadas filogenéticamente con cambios en los polinizadores, lo que podría interpretarse como un proceso de adaptación a esos polinizadores. Así por ejemplo, un cambio de color floral muy documentado es el de flores azules o blancas (preferentemente polinizadas por insectos) a rojas (polinizadas por aves).

Un cambio del tipo de pigmento o en la proporción de mezcla de varios pigmentos afectaría al color resultante (es decir el matiz o longitud de onda predominante), mientras que cambios en la concentración de los compuestos afectaría a la intensidad del color (es decir, saturación o pureza del color). En el caso de las antocianinas, otros factores, como el tipo de copigmento unido a la antocianina o el pH vacuolar, podrían afectar en gran medida al color del pétalo (Andersen y Jordheim 2006; Glover 2007 citados por Narbona et al. 2014).

Si bien se conocen varios genes relacionados con las diversas rutas metabólicas que llevan a la síntesis de los pigmentos que dan color a los pétalos, la realidad no ha alcanzado a la imaginación. Esto se debe, en parte, a que los pigmentos que dan color a los pétalos son metabolitos secundarios, es decir, metabolitos

Tabla 18: Características de la flor evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del centro conducido en Marcará-Ancash

Ecotipo	Color del botón floral antes de floración	Intensidad del color del botón floral antes de la floración	Color de las alas de las flores recién abiertas	Intensidad del color de las alas de las flores recién abiertas	Color en la quilla de las flores recién abiertas	Intensidad del color de la quilla de las flores recién abiertas	Color de las quillas	Color de la flor	Color de la quilla de las flores antes de marchitarse	Inserción de flores
Huancavelica	Amarillo	Claro	Violeta	Oscuro	Rosado	Claro	Azul	Azul	Azul	Verticilada
Compuesto blanco	Verde	Claro	Violeta	Medio	Rosado	Medio	Azul	Azul	Azul	Verticilada
H6 INIA	Amarillo	Claro	Violeta	Claro	Rosado	Claro	Azul	Azul	Azul	Verticilada
Moteado beige	Verde	Claro	Violeta	Oscuro	Rosado	Medio	Azul	Azul	Azul	Verticilada
Yanamuclo 008-1	Amarillo	Claro	Violeta	Claro	Rosado	Claro	Azul	Azul	Azul	Verticilada
Cheje Copari	Amarillo	Claro	Violeta	Oscuro	Rosado	Medio	Violeta	Violeta	Violeta	Verticilada
Yanamuclo PLGO	Amarillo	Claro	Violeta	Medio	Rosado	Claro	Azul	Azul	Azul	Verticilada
Compuesto A	Amarillo	Claro	Rosado	Claro	Rosado	Claro	Rosado	Rosado	Rosado	Verticilada
Compuesto B	Amarillo	Claro	Violeta	Medio	Rosado	Claro	Azul	Azul	Azul	Verticilada

Tabla 19: Características de la flor evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del sur conducido en Marcará-Ancash

Ecotipo	Color del botón floral antes de floración	Intensidad del color del botón floral antes de la floración	Color de las alas de las flores recién abiertas	Intensidad del color de las alas de las flores recién abiertas	Color en la quilla de las flores recién abiertas	Intensidad del color de la quilla de las flores recién abiertas	Color de las quillas	Color de la flor	Color de la quilla de las flores antes de marchitarse	Inserción de flores
Andenes INIA	Verde	Claro	Violeta	Medio	Violeta	Claro	Azul	Azul	Azul	Verticilada
Tarwi Cuzco I	Amarillo	Claro	Violeta	Medio	Rosado	Claro	Azul	Azul	Azul	Verticilada
Tarwi Cuzco II	Amarillo	Claro	Violeta	Medio	Rosado	Claro	Azul	Azul	Azul	Verticilada
Yunguyo	Amarillo	Claro	Violeta	Medio	Rosado	Claro	Azul	Azul	Azul	Verticilada
Chaje tarwi	Verde	Claro	Violeta	Oscuro	Violeta	Medio	Azul	Azul	Azul	Verticilada
Blanquita	Amarillo	Claro	Violeta	Medio	Violeta	Claro	Azul	Azul	Azul	Verticilada
Apurímac I	Amarillo	Claro	Violeta	Medio	Violeta	Claro	Azul	Azul	Azul	Verticilada
Apurímac II	Verde	Claro	Violeta	Medio	Violeta	Claro	Azul	Azul	Azul	Verticilada
MGP	Amarillo	Claro	Rosado	Claro	Rosado	Claro	Violeta	Rosado	Violeta	Verticilada
03-10-214	Amarillo	Claro	Violeta	Oscuro	Rosado	Medio	Azul	Azul	Azul	Verticilada

que se encuentran en bajas concentraciones y que las plantas sintetizan en forma variable según sus necesidades de cada momento y las circunstancias del entorno (contenido hídrico de la planta, cantidad de luz, pH del suelo, etc.). Esto quiere decir que por más que un gen esté presente, puede que este no se exprese en los niveles esperados. Además, no siempre se encuentran los genes relacionados con un determinado color en la diversidad genética disponible para dicha especie, y por lo tanto no pueden aplicarse las prácticas convencionales de mejoramiento para incorporarlos (Parody, 2014).

4.1.5. Características de la vaina y semilla

- Ecotipos del centro

Como se puede observar en la tabla 20, para la posición del pico de la vaina y tamaño de esta, todos los ecotipos presentaron picos de tamaños cortos que se ubicaron en el centro de la vaina. Con respecto a la variable Color de la semilla, los ecotipos Huancavelica, Compuesto blanco, Yanamucllo 008-1, Yanamucllo PLGO, Compuesto A y Compuesto B presentaron semillas blancas sin colores secundarios, mientras que el ecotipo Cheje Copari presentó semillas de coloración marrón, el H6 INIA presentó semillas de coloración principal blanca con un color secundario marrón y el ecotipo Moteado beige presentó semillas de coloración principal blanca con un color secundario beige.

- Ecotipos del sur

Como se puede observar en la tabla 21, para la posición del pico de la vaina y tamaño de esta, todos los ecotipos presentaron picos de tamaños cortos que se ubicaron en el centro de la vaina. Con respecto a la variable color de la semilla, los ecotipos Tarwi Cuzco I, Yunguyo, Chaje tarwi, Blanquita, Apurímac I y MGP presentaron semillas de color predominante blanco, sin la presencia de colores secundario; mientras que el ecotipo Andenes INIA presentó semillas de coloración predominantemente blancas con coloración secundaria marrón y los ecotipos Tarwi Cuzco II y Apurímac II presentaron semillas

predominantemente blancas con coloración secundaria negra, por último, el ecotipo 03-10-214 presentó semillas de coloración predominantemente marrón con coloración secundaria blanca.

Para las características de la vaina y semilla entre los ecotipos del Centro y Sur, todos los ecotipos presentaron características similares en la mayoría en las variables posición y tamaño del pico de vaina, existiendo diferencias en los colores de algunas semillas, ya que, a pesar que los ecotipos del Centro y Sur presentaron una mayoría de plantas con semillas enteramente blancas, ambos experimentos también presentaron ecotipos con semillas de color predominante marrón, como también ecotipos con semillas blancas y con presencia de colores secundarios.

Tabla 20: Características de la vaina y semilla evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del centro conducido en Marcará-Ancash

Ecotipo	Posición del pico de vaina	Tamaño del pico de vaina	Color predominante de la semilla	Color secundario
Huancavelica	Centro	Corto	Blanco	-
Compuesto blanco	Centro	Corto	Blanco	-
H6 INIA	Centro	Corto	Blanco	Marrón
Moteado beige	Centro	Corto	Blanco	Beige
Yanamuclo 008-1	Centro	Corto	Blanco	-
Cheje Copari	Centro	Corto	Marrón	-
Yanamuclo PLGO	Centro	Corto	Blanco	-
Compuesto A	Centro	Corto	Blanco	-
Compuesto B	Centro	Corto	Blanco	-

Tabla 21: Características de la vaina y semilla evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del sur conducido en Marcará-Ancash

Ecotipo	Posición del pico de vaina	Tamaño del pico de vaina	Color predominante de la semilla	Color secundario
Andenes INIA	Centro	Corto	Blanco	Marrón
Tarwi Cuzco I	Centro	Corto	Blanco	-
Tarwi Cuzco II	Centro	Corto	Blanco	Negro
Yunguyo	Centro	Corto	Blanco	-
Chaje tarwi	Centro	Corto	Blanco	-
Blanquita	Centro	Corto	Blanco	-
Apurímac I	Centro	Corto	Blanco	-
Apurímac II	Centro	Corto	Blanco	Negro
MGP	Centro	Corto	Blanco	-
03-10-214	Centro	Corto	Marrón	Blanco

4.1.6. Número de ramas primarias por planta

- Ecotipos del centro

En la tabla 22, observamos que el número de ramas primarias promedio fue de 8.6 ramas y en los ecotipos esta variable osciló entre 13.8 y 5.7 ramas primarias/planta. La figura 5 muestra que el ecotipo Yanamuco PLGO fue el que obtuvo un valor más alto en esta variable con 13.83 ramas primarias/planta, seguido por Moteado beige con 10.3 ramas primarias, en cambio Huancavelica y Compuesto A fueron los ecotipos con los menores valores en esta variable, presentando en promedio 6.27 y 5.73 ramas primarias/planta respectivamente.

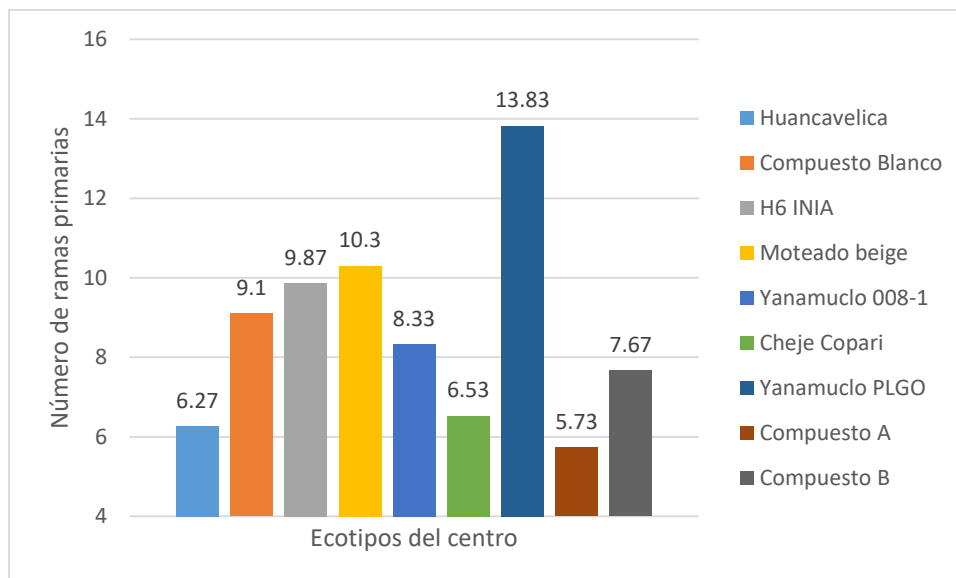


Figura 5: Número de ramas primarias de los ecotipos del centro

Tabla 22: Características evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del centro conducido en Marcará-Ancash

Ecotipo	Número de ramas primarias	Número de folíolos/hoja	Número de verticilos	Longitud de la inflorescencia principal
Huancavelica	6.27	9.20	4.63	20.95
Compuesto blanco	9.10	8.50	4.50	23.86
H6 INIA	9.87	9.00	4.38	26.89
Moteado beige	10.30	9.27	5.13	25.13
Yanamucllo 008-1	8.33	8.47	4.40	29.05
Cheje Copari	6.53	8.33	4.67	26.99
Yanamucllo PLGO	13.83	9.00	4.83	24.05
Compuesto A	5.73	8.67	4.27	22.65
Compuesto B	7.67	8.73	4.90	17.76
Promedio	8.63	8.80	4.63	24.15

- Ecotipos del sur

En la tabla 23 se puede observar que el número de ramas primarias promedio fue de 7.08 ramas, y en los ecotipos esta variable osciló entre 4.97 y 10.03 ramas. La figura 6 muestra que el ecotipo Apurímac I fue la que obtuvo un valor más alto en esta variable con 10 ramas primarias, seguido por Apurímac II con 8.3 ramas primarias, en cambio el ecotipo MGP fue la de menor valor en esta variable, presentando en promedio 4.9 ramas primarias.

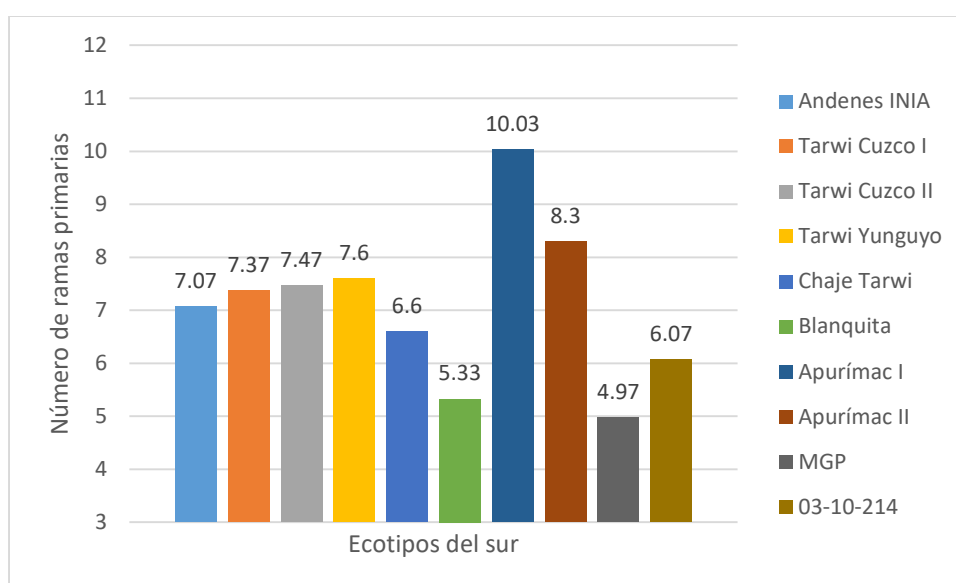


Figura 6: Número de ramas primarias de los ecotipos del sur

Los ecotipos del centro obtuvieron en promedio un mayor número de ramas primarias/planta que los del sur, presentando un número de ramas promedios de 8.63 y 7.08 respectivamente.

4.1.7. Número de folíolos/hoja

- Ecotipos del centro

En la tabla 22 se observa que el número promedio de esta variable fue de 8.80 folíolos/hoja, y entre los ecotipos esta variable osciló de 8.33 a 9.7 folíolos/hoja. En la figura 35 se observa que para esta variable el ecotipo Moteado beige fue el que presentó mayor valor, presentando 9.7 folíolos/hoja, siendo seguido muy de

cerca por el ecotipo Huancavelica, en comparación con los ecotipos Yanamuco 088-1 y Cheje Copari, que fueron los que presentaron menores valores para esta variable con 8.47 y 8.33 foliolos/hoja respectivamente.

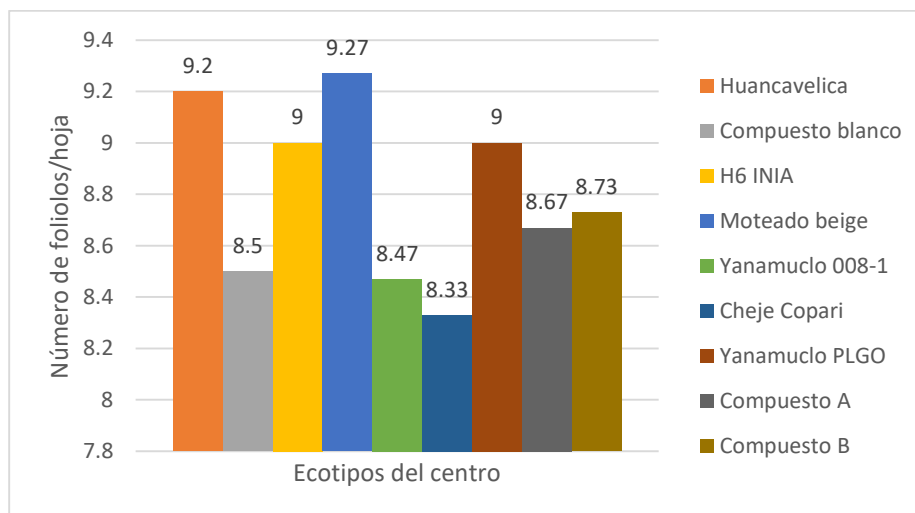


Figura 7: Número de foliolos/hoja de los ecotipos del centro

Tabla 23: Características evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del sur conducido en Marcará-Ancash

Ecotipo	Número de ramas primarias	Número de foliolos/hoja	Número de verticilos	Longitud de la inflorescencia principal
Andenes INIA	7.07	8.53	3.93	21.75
Tarwi Cuzco I	7.37	9.40	5.07	19.37
Tarwi Cuzco II	7.47	8.80	4.93	26.19
Yunguyo	7.60	9.13	5.25	26.51
Chaje tarwi	6.60	8.33	4.73	22.88
Blanquita	5.33	8.67	4.47	23.23
Apurímac I	10.03	8.80	5.13	24.60
Apurímac II	8.30	9.20	5.33	24.11
MGP	4.97	9.27	5.07	23.83
03-10-214	6.07	8.87	4.53	21.09
Promedio	7.08	8.90	4.84	23.36

- Ecotipos del sur

Como se muestra en la tabla 23, el número promedio de esta variable fue de 8.90 foliolos/hoja, y entre los ecotipos esta variable osciló de 8.33 a 9.4 foliolos/hoja. En la figura 36 se observa que para esta variable el ecotipo Tarwi Cuzco I fue el que presentó un mayor valor, presentando 9.4 foliolos/hoja, seguido muy de cerca por el ecotipo MGP, en comparación con los ecotipos Andenes INIA y Chaje tarwi, que fueron los que presentaron menores valores para esta variable con 8.53 y 8.33 foliolos/hoja respectivamente.

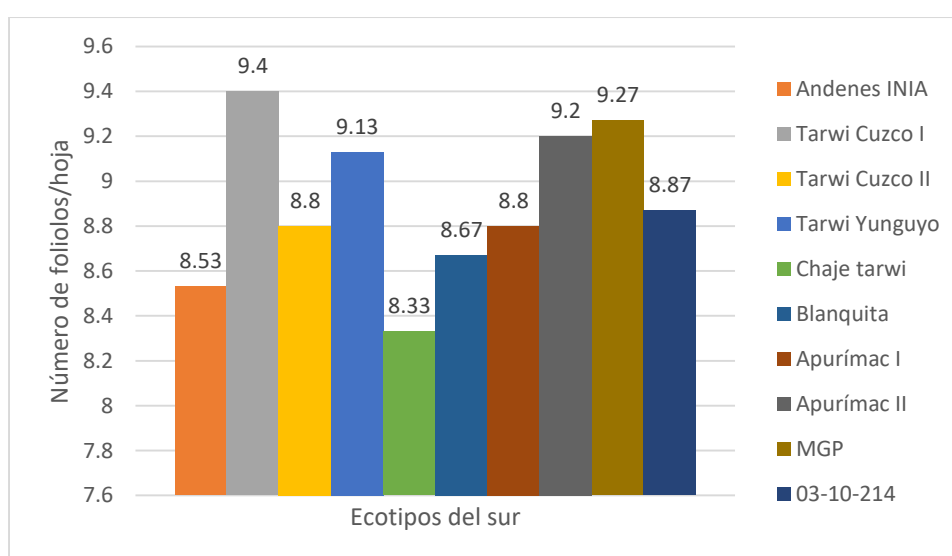


Figura 8: Número de foliolos/hoja de los ecotipos del sur

En general, los ecotipos del centro y sur presentaron un número de foliolos/hoja muy similar, siendo el promedio de esta variable entre ambos ecotipos muy cercano entre ellos.

4.1.8. Número de verticilos

- Ecotipos del centro

Como se muestra en la tabla 22, el número promedio de esta variable fue de 4.63 verticilos, y entre los ecotipos presentes, esta variable osciló de 4.27 a 5.13 verticilos. En la figura 37 se observa que para esta variable el ecotipo Moteado

beige fue el que presentó un mayor valor, presentando 5.13 verticilos, siendo seguido muy de cerca por el ecotipo Compuesto B, en comparación con los ecotipos H6 INIA y Compuesto A, que fueron los que presentaron menores valores para esta variable con 4.38 y 4.27 verticilos respectivamente.

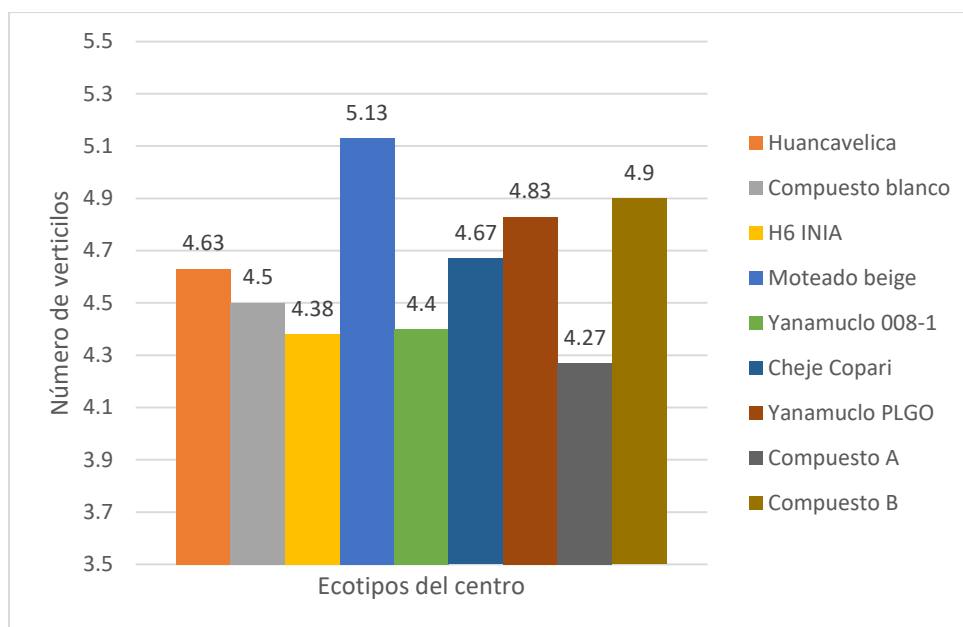


Figura 9: Número de verticilos de los ecotipos del centro

- Ecotipos del sur

Como se muestra en la tabla 23, el número promedio de esta variable fue de 4.84 verticilos, y entre los ecotipos presentes, esta variable osciló de 3.93 a 5.33 verticilos. En la figura 38 se observa que para esta variable el ecotipo Apurímac II fue el que presentó un mayor valor, presentando 5.33 verticilos, siendo seguido muy de cerca por el ecotipo Yunguyo, en comparación con los ecotipos Blanquita y Andenes INIA, que fueron los que presentaron menores valores para esta variable con 4.47 y 3.93 verticilos respectivamente.

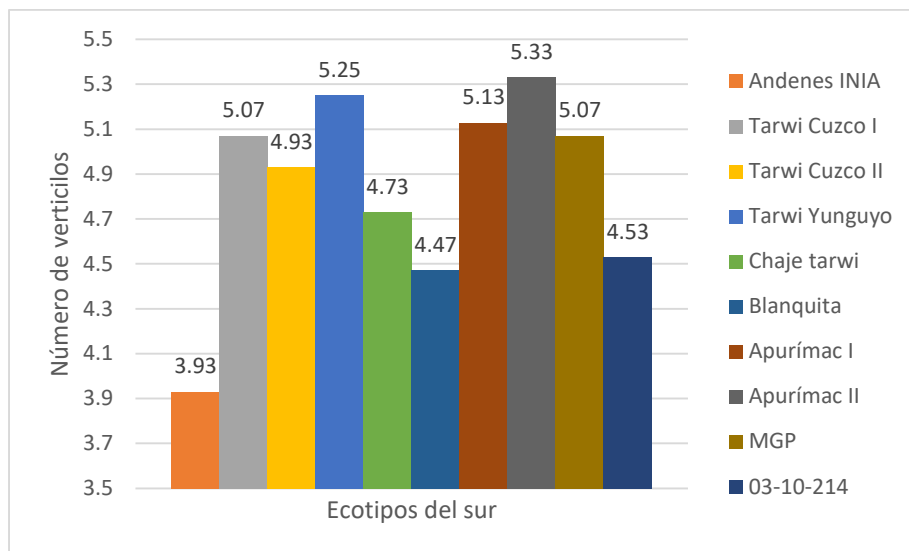


Figura 10: Número de verticilos de los ecotipos del sur

Los ecotipos del centro y sur presentaron un número de verticilos muy similar, siendo el promedio de esta variable entre ambos ecotipos muy cercano entre ellos.

4.1.9. Longitud de la inflorescencia principal

- Ecotipos del centro

Como se muestra en la tabla 22, la longitud promedio de la inflorescencia principal fue de 24.15 cm, y entre los ecotipos presentes, esta variable osciló de 17.76 hasta los 29.05 cm. En la figura 39 se observa que para esta variable el ecotipo Yanamucllo 008-1 fue el que obtuvo una mayor longitud de la inflorescencia principal, presentando una longitud de 29.05 cm, siendo seguido muy de cerca por los ecotipos Moteado beige y H6 INIA con alturas de 26.99 y 26.89 respectivamente; en el otro extremo los ecotipos Huancavelica y Compuesto A, fueron los que presentaron menores valores para esta variable, con longitudes de la inflorescencia principal de 20.95 y 17.76 cm respectivamente.

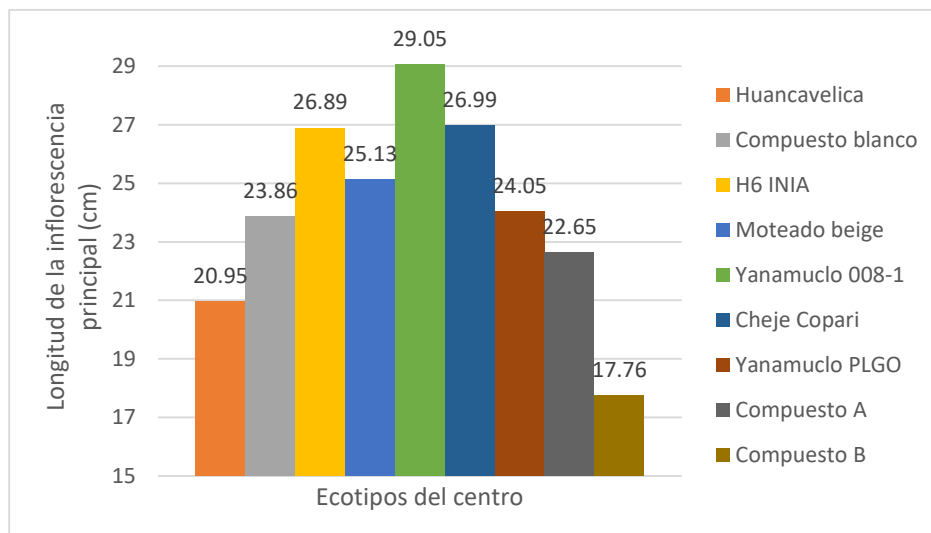


Figura 11: Longitud de la inflorescencia principal de los ecotipos del centro

- Ecotipos del sur

Como se muestra en la tabla 23, la longitud promedio de la inflorescencia principal fue de 23.36 cm, y entre los ecotipos presentes, esta variable osciló de 19.37 hasta los 26.51 cm. En la figura 12 se observa que para esta variable el ecotipo Yunguyo fue el que obtuvo una mayor longitud de inflorescencia principal, presentando una longitud de 26.51 cm, seguido muy de cerca por el ecotipo Tarwi Cuzco II con una altura de 26.19, en el otro extremo los ecotipos 03-10-214 y Tarwi Cuzco I, fueron los que presentaron menores valores para esta variable, con longitudes de la inflorescencia principal de 21.09 y 19.37 cm respectivamente.

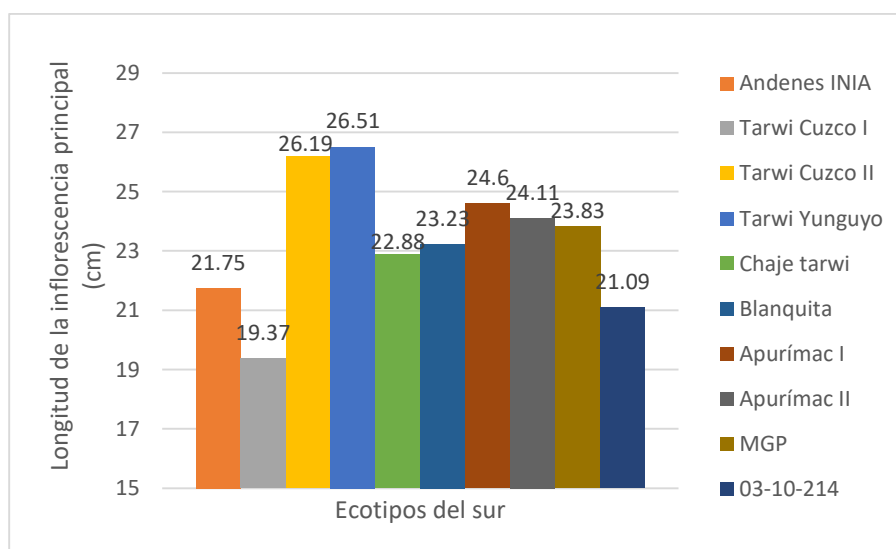


Figura 12: Longitud de la inflorescencia principal de los ecotipos del sur

La variable longitud de la inflorescencia principal en esta investigación para los ecotipos del centro y sur fueron de 24.15 y 23.36 cm respectivamente, ambos valores fueron menores a los obtenidos por Araujo en su investigación, que obtuvo valores promedios de longitud del eje central de 35.41 y 31.68 cm, estas diferencias pueden ser debido a las diferentes influencias ambientales en la que se desarrollaron ambos proyectos, como también por la variabilidad genética presente entre los ecotipos utilizados.

4.2. DATOS MORFOAGRONÓMICOS

4.2.1. Altura de planta

- Ecotipos del centro

La altura promedio de las plantas fue de 107.98 cm y en los ecotipos esta variable osciló entre una altura de 90.8 a 117.99 cm de longitud. En el anexo 14 se puede observar cómo fue que varió la altura de planta entre los ecotipos a través del tiempo. En el análisis de varianza para esta variable no se encontraron diferencias significativas para bloques ni tratamientos. Tal como se muestra en la tabla 24, el coeficiente de variabilidad fue de 10.7%, siendo este un resultado de confianza y aceptable para condiciones de campo, ya que presenta una baja variabilidad.

La figura 13 muestra que el ecotipo Yanamucló 008-1 fue el que obtuvo un valor más alto en esta variable con una altura de 117.99 cm, seguido por Moteado beige con 110.3 cm de altura, en cambio el Compuesto B fue el ecotipo con un menor valor en esta variable, presentando una altura de 90.8 cm.

Según la prueba de Duncan a un nivel de 0.05% de probabilidad estadística, como se observa en la tabla 25, para la variable altura de planta, se muestra que el ecotipo Huancavelica supera estadísticamente a los otros ecotipos, registrándose dos grupos diferenciados de acuerdo a los resultados obtenidos.

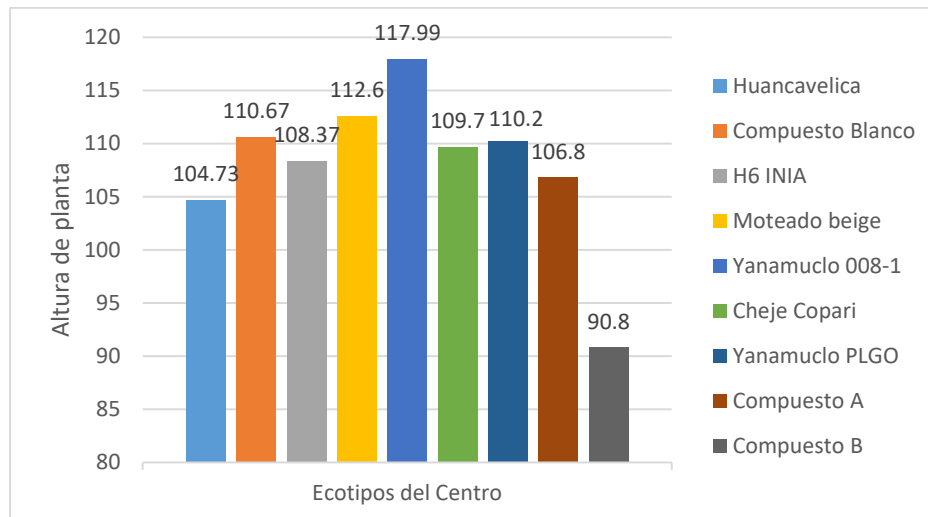


Figura 13: Altura de los ecotipos del centro al final de la floración

- Ecotipos del sur

La altura promedio de las plantas fue de 94.9 cm ramas y en los ecotipos esta variable osciló de 79.07 a 116.7 cm de longitud. En el anexo 16 se puede observar cómo fue que varío la altura de planta entre los ecotipos a través del tiempo. En el análisis de varianza para esta variable no se encontró diferencias significativas para bloques ni tratamientos, que no existas diferencias estadísticas en los ecotipos es debido a que estos presentan comportamientos similares. Tal como se muestra en la tabla 26, el coeficiente de variabilidad fue de 14.9%.

La figura 14 muestra que el ecotipo Apurímac I fue el que obtuvo un valor más alto en esta variable con 116.7 cm de altura, seguido por tarwi Yunguyo con 106.23 cm de altura, en cambio 03-10-214 fue el ecotipo con un menor valor en esta variable, presentando una altura de 79.07 cm.

Según la prueba de Duncan a un nivel de 0.05% de probabilidad estadística, como se observa en la tabla 27, para la variable altura de planta, el ecotipo Apurímac I supera estadísticamente a los otros ecotipos, registrándose dos grupos diferenciados de acuerdo a los resultados obtenidos.

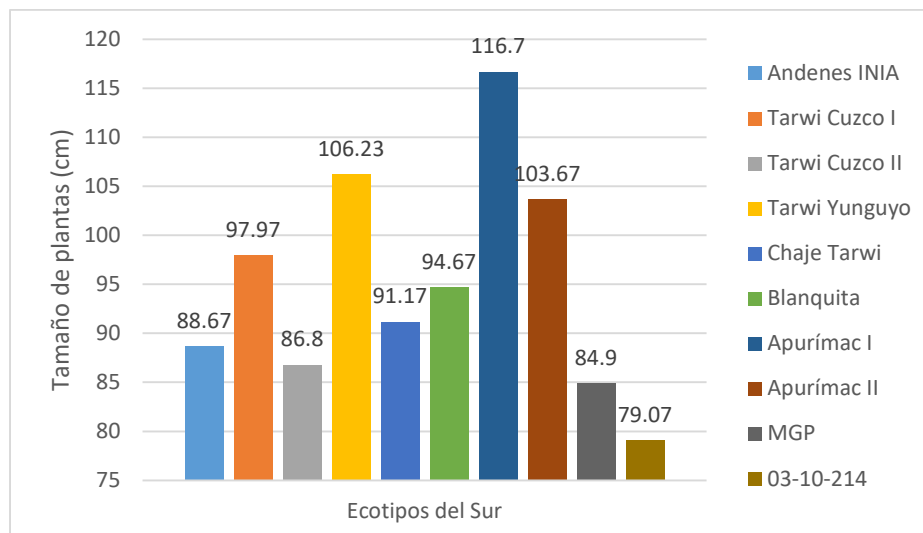


Figura 14: Altura de los ecotipos del sur al final de la floración

Tapia y Fries (2007) menciona que la planta de tarwi tiene una altura que va desde los 0.8 hasta más de dos metros de altura. Según los datos obtenidos en el presente trabajo de investigación, el promedio de altura de planta de los ecotipos del centro y sur fueron de 107.98 y 94.98 respectivamente, por lo que se puede decir que las plantas son de porte bajo a medio. Sin embargo la altura de plantas obtenidas fueron mayores a las obtenidas por Plata (2016) que en su investigación obtuvo una altura promedio de plantas de 73 cm, dentro de otras investigaciones, Callisaya (2012) encontró promedios de alturas de plantas que variaron desde 75.61 a 82.1 cm y Quenallata (2008) obtuvo alturas de plantas promedio de 76.93 y 79.85 cm. En cambio, Huaranga, et al (2017) obtuvieron alturas de plantas mayores a las obtenidas en el presente experimento, presentando en su investigación una altura de planta promedio de 111.4 cm.

Aguilar (2015) afirma que es importante mencionar que la altura de la planta puede o no estar correlacionada con el rendimiento, pero este sí tiene relación con el hábito de crecimiento, ya que nos indica la forma en que se debe manejar el cultivo tanto a nivel agronómico como por sus factores climáticos. Plantas de gran tamaño van a ser fácilmente influenciadas por el viento, ya que este puede incidir o no grandemente en la caída de plantas, sobre todo si la dirección va de este a oeste generando una oscilación en la planta y provocando su acame.

Tabla 24: Análisis de varianza de las características morfoagronómicas evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del centro conducido en Marcará-Ancash

Fuente de variación	g.l.	Altura de planta (cm)	Número de vainas por planta	Rendimiento por planta (g)
Bloques	2	292.00 N.S.	6.49 *	186.58 N.S.
Tratamientos	8	166.03 N.S.	7.75 **	1529.44 **
Error	16	134.27	3.57	100.69
Total	26			
Promedio		107.98	67.34	46.85
C.V. (%)		10.73	19.27	21.42

Tabla 25: Cuadro de Duncan de las características morfoagronómicas evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del centro conducido en Marcará-Ancash

Ecotipo	Altura de planta (cm)	Número de vainas por planta	Rendimiento por planta (g)
Moteado beige	112.60 ab	145.77 a	82.467 a
H6 INIA	108.37 ab	56.49 bc	73.967 a
Yanamuclo PLGO	110.20 ab	80.47 b	66.100 a
Yanamuclo 008-1	117.99 a	64.25 bc	43.366 b
Compuesto Blanco	110.67 ab	57.24 bc	42.934 b
Cheje Copari	109.70 ab	52.04 bc	38.2 b
Huancavelica	104.73 ab	72.46 b	31.400 bc
Compuesto A	106.80 ab	31.09 d	25.367 bc
Compuesto B	90.80 b	46.24 c	16.400 c
Promedio	107.98	67.34	46.69

Tabla 26: Análisis de varianza de las características agronómicas evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del sur conducido en Marcará-Ancash

Fuente de variación	g.l.	Altura de planta (cm)	Número de vainas por planta	Rendimiento por planta (g)
Bloques	2	253.50 N.S.	0.87 N.S.	0.823 N.S.
Tratamientos	9	386.34 N.S.	12.77 **	30.08 N.S.
Error	18	202.15	2.32	20.15
Total	29			
Promedio		94.98	46.76	16.96
C.V. (%)		14.97	20.86	26.46

Tabla 27: Cuadro de Duncan de las características morfoagronómicas evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del sur conducido en Marcará-Ancash

Ecotipo	Altura de Planta (cm)	Número de vainas por planta	Rendimiento por planta (g)
03-10-214	79.07 b	73.57 a	52.03 a
Tarwi Cuzco I	97.97 ab	35.41 cd	41.43 b
Apurímac I	116.70 a	55.64 b	27.03 c
Tarwi Yunguyo	106.23 ab	61.51 ab	24.93 cd
Chaje Tarwi	91.17 ab	45.19 b	23.43 cd
Tarwi Cuzco II	86.80 b	47.71 b	23.00 cd
Apurímac II	103.67 ab	32.28 d	21.63 d
Blanquita	94.67 ab	36.54 cd	20.73 d
Andenes INIA	88.67 b	37.6 cd	18.93 d
MGP	84.90 b	42.15 c	13.77 e
Promedio	94.98	46.76	26.69

4.2.2. Número de vainas por planta

- Ecotipos del centro

El número de vainas promedio por planta fue de 67.34 vainas y en los ecotipos esta variable osciló entre las 31.09 a 145.77 vainas/planta. En el análisis de varianza para esta variable se encontraron diferencias estadísticas significativas para los bloques y diferencias muy significativas para los tratamientos. Tal como se muestra en la tabla 24, el coeficiente de variabilidad fue de 19.27%.

La figura 15 muestra que el ecotipo Moteado beige fue el que obtuvo un valor más alto, llegando a alcanzar valores de hasta 145.77 vainas/planta, siendo seguido de lejos por Yanamucló PLGO, por otro parte, los ecotipos con los datos más bajos para esta variable fueron el Compuesto B y el Compuesto A, presentando valores medios de 46.24 y 31.09 vainas/planta respectivamente.

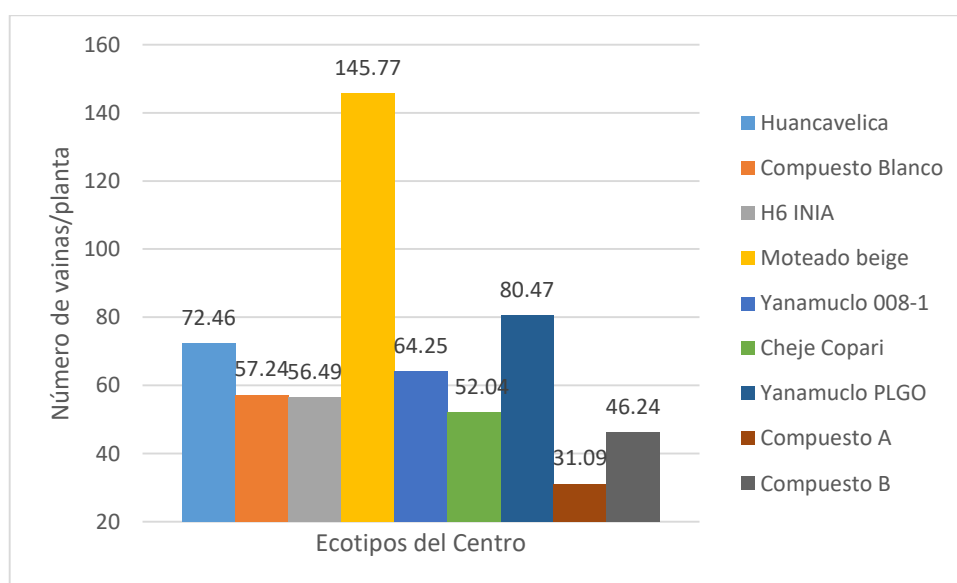


Figura 15: Número de vainas por planta de los ecotipos del centro

Según la prueba de Duncan a un nivel de 0.05% de probabilidad estadística, como se observa en la tabla 25, para la variable número de vainas por planta, se muestra que el ecotipo Moteado beige ha superado estadísticamente al resto de ecotipos, registrándose cuatro grupos diferenciados de acuerdo a los resultados obtenidos.

- Ecotipos del sur

El número de vainas promedio por planta fue de 46.76 vainas y en los ecotipos esta variable osciló entre las 32.28 a 73.57 vainas/planta. En el análisis de varianza para esta variable no se encontraron diferencias estadísticas para los bloques, pero si hay una diferencia estadística muy significativas para los tratamientos. Tal como se muestra en la tabla 26, el coeficiente de variabilidad fue de 20.86%.

La figura 15 muestra que el ecotipo 03-10-214 fue el que obtuvo un valor más alto, alcanzando valores de hasta 73.57 vainas/planta, siendo seguido por Tarwi Yunguyo con 61.51 vainas/planta, mientras que en el otro extremo, los ecotipos con los menores valores fueron Tarwi Cuzco I y Apurímac II, presentando valores medios de 35.41 y 32.28 vainas/planta respectivamente.

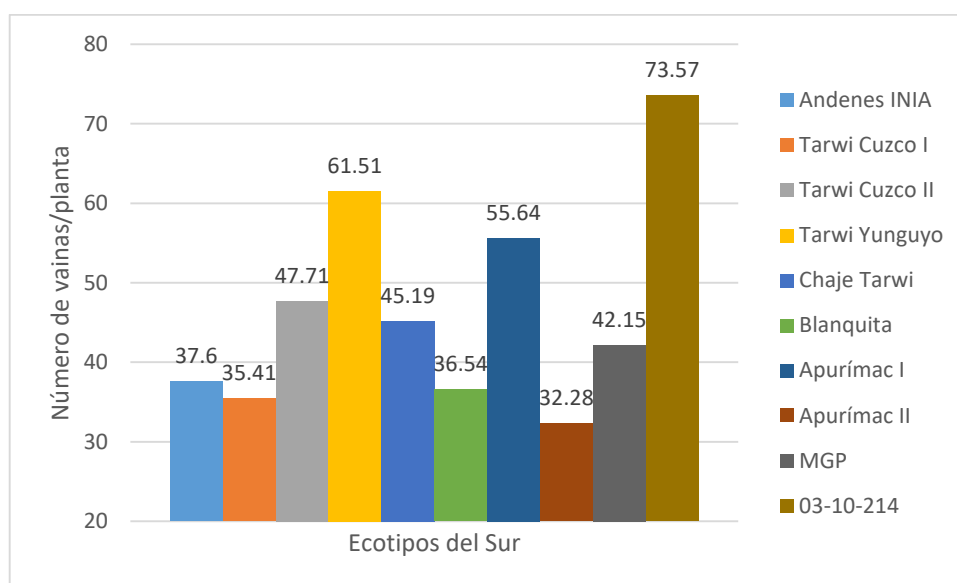


Figura 16: Número de vainas por planta de los ecotipos del sur

Según la prueba de Duncan a un nivel de 0.05% de probabilidad estadística, como se observa en la tabla 27, para la variable número de vainas por planta, se muestra que el ecotipo 03-10-214 ha superado estadísticamente al resto de ecotipos, registrándose cuatro grupos diferenciados de acuerdo a los resultados obtenidos.

Según los datos obtenidos en el presente trabajo de investigación, los promedios del número de vainas por planta de los ecotipos del centro y del sur fueron de 67.34 y 46.76 vainas/planta respectivamente. Los cuales son valores más altos a los obtenidos por Quenallata (2008), que en un estudio comparativo de cinco ecotipos en dos comunidades obtuvo para esta misma variable valores promedios para estas comunidades de 21.77 y 27.93 vainas/planta. En cambio Callisaya (2012) en su estudio sobre el comportamiento agronómico de tarwi bajo distintos métodos y densidades de siembra, encontró valores medios de vainas por planta que oscilaron desde los 22.33 hasta las 40.27 vainas/planta.

Los ecotipos con el mayor número de vainas por planta fueron el Moteado beige y 03-10-214 con 145.77 y 73.57 vainas/planta respectivamente, en experimentos realizados Añanguari (2013), obtuvo datos que variaron desde un mínimo de 55.8 vainas/planta hasta un máximo de 72.02 vainas/planta, en cambio, Araujo (2015) obtuvo en su experimento valores promedios de que oscilaron desde 82.05 hasta los 102.85 vainas/planta. En comparación, Huaranga (2016), obtuvo valores de vainas/planta máximos de 92, 78 y 36 para siembras en condiciones de Marcará, IRD Jauja y Otuzcco respectivamente. Con respecto a los casos anteriores, los máximos datos obtenidos en el presente experimento son ligeramente superiores, y esto es debido a que en el experimento se realizó a una menor altitud y porque se tuvo que realizar bajo riego, para cubrir las necesidades hídricas de las plantas, por la falta de precipitaciones durante la época de desarrollo del experimento.

4.2.3. Peso de grano por planta

- Ecotipos del centro

El promedio general para este parámetro fue de 46.69 g, esta variable osciló en un rango de 16.4 a 82.47 g. El análisis de variancia (ANVA), según se observa en la tabla 24, para este parámetro a un nivel de significancia de 0.05, hay diferencias significativas entre los tratamientos. El resultado del coeficiente de variación para esta variable muestra un valor de 21.42%.

Como se muestra en la figura 17, para la variable rendimiento de grano, se encontró que el ecotipo Moteado beige fue la que tuvo el mayor rendimiento con 82.47 g/planta, seguido por el H6 INIA con 73.97 g/planta, mientras que los ecotipos que ocuparon los últimos lugares en esta variable fueron el Compuesto A y el Compuesto B que tuvieron rendimientos de 25.37 y 16.4 g/planta respectivamente.

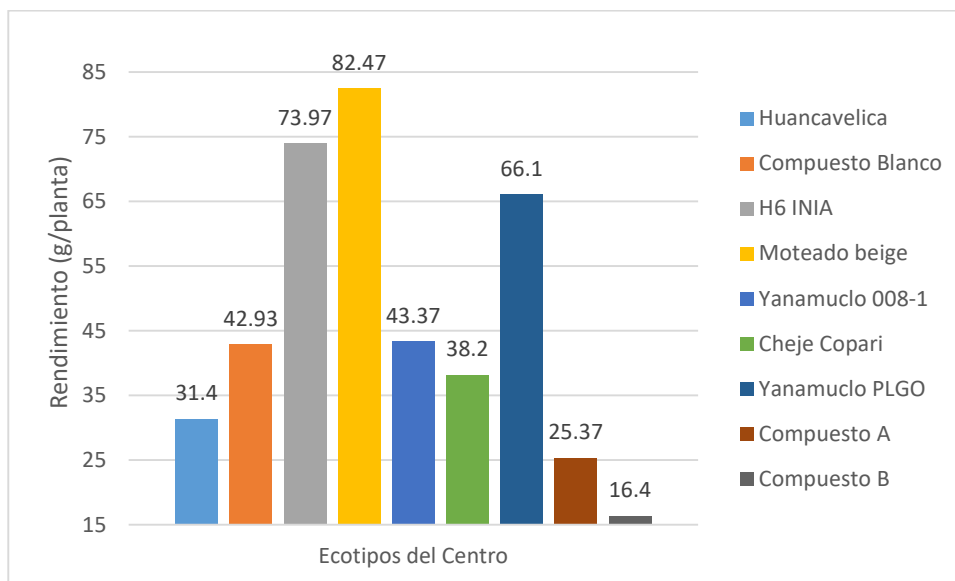


Figura 17: Peso (g/planta) de los ecotipos del centro

Según la prueba de Duncan a un nivel de 0.05% de probabilidad estadística, como se observa en la tabla 25, para la variable rendimiento de grano, se muestra que los ecotipos Moteado beige, H6 INIA y Yanamucllo PLGO superaron estadísticamente a los otros ecotipos, registrándose tres grupos diferenciados de acuerdo a los resultados obtenidos.

- Ecotipos del sur

El promedio general para este parámetro fue de 26.96 g, esta variable osciló en un rango de 13.77 a 52.03 g. Como se presenta en la tabla 26, el análisis de varianza para esta variable presentó que no existieron diferencias estadísticas significativas en las fuentes de variabilidad de los bloques ni en los tratamientos.

El resultado del coeficiente de variación para esta variable nos muestra un valor de 26.45%, el cual es un valor muy alto para esta variable, pero siendo aún aceptable para las condiciones de campo, por mantenerse por debajo del 30% de variación, proporcionando confianza en los resultados obtenidos.

Como se muestra en la figura 18, para la variable rendimiento de grano, se encontró que el ecotipo 03-10-214 fue la que tuvo el mayores rendimientos, al obtener valores promedios de 52.03 g/planta, siendo este seguido por Tarwi Cuzco I con pesos de 41.43 g/planta, mientras que los ecotipos que ocuparon los últimos lugares en esta variable fueron Andenes INIA y el MGP que tuvieron rendimientos de 18.93 y 13.767 g/planta respectivamente.

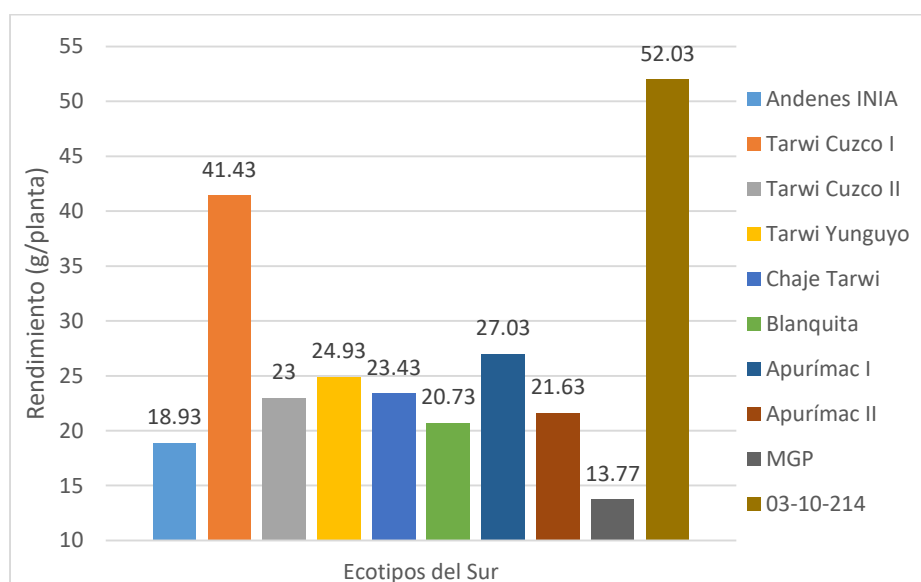


Figura 18: Peso (g/planta) de los ecotipos del sur

Según la prueba de Duncan a un nivel de 0.05% de probabilidad estadística, como se observa en la tabla 27, para la variable rendimiento de grano, se muestra que el ecotipo 03-10-214 fue el que superó estadísticamente a los otros ecotipos, registrándose cinco grupos diferenciados de acuerdo a los resultados obtenidos.

4.3. RENDIMIENTO DE GRANO Y SUS COMPONENTES

4.3.1. Rendimiento

- Ecotipos del centro

El análisis de variancia (ANVA), según se observa en la tabla 28, un nivel de significancia de 0.05, muestra que no hubo diferencias significativas en las fuentes de variabilidad de los bloques, pero si hay una diferencia muy significativa para los tratamientos. La falta de diferencia en los ecotipos nos dice que no existió una diferencia. El resultado del coeficiente de variación para esta variable nos muestra un valor de 21.42%, el cual es un valor alto para esta variable, pero siendo aún aceptable para las condiciones de campo, proporcionando confianza en los resultados obtenidos.

El promedio general para este parámetro fue de 2010.05 kg/ha, esta variable osciló en un rango de 738.00 a 3711.15 kg/ha, como se muestra en la figura 19, para la variable rendimiento (kg/ha), se encontró que el ecotipo Moteado beige fue la que tuvo el mayor rendimiento con 3711.15 kg/ha, seguido por el H6 INIA con 3328.65 kg/ha, mientras que los ecotipos que ocuparon los últimos lugares en esta variable fueron el Compuesto A y el Compuesto B que tuvieron rendimientos de 1141.65 y 738.00 kg/ha respectivamente.

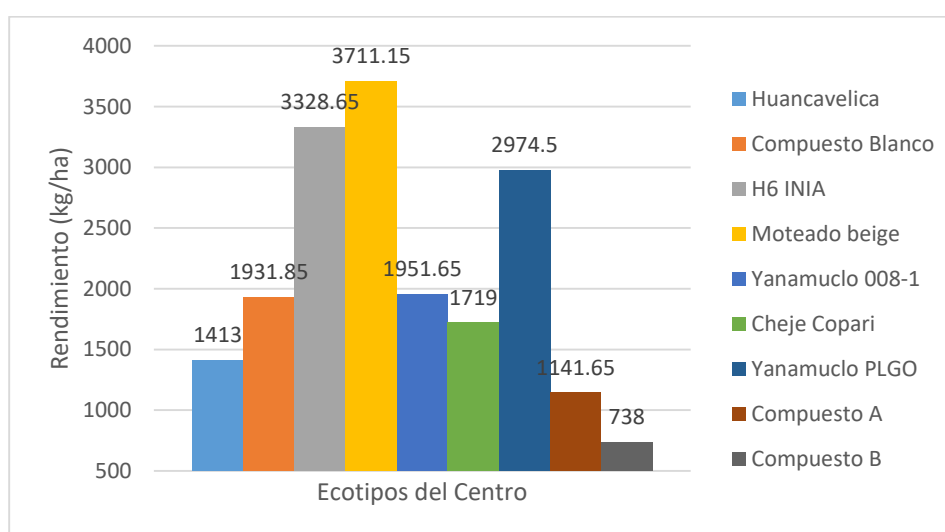


Figura 19: Rendimiento (kg/ha) de los ecotipos del centro

Según la prueba de Duncan a un nivel de 0.05% de probabilidad estadística, como se observa en la tabla 29, para la variable rendimiento, se muestra que el ecotipo Moteado beige fue el que superó estadísticamente a los otros ecotipos, registrándose tres grupos diferenciados de acuerdo a los resultados obtenidos.

- Ecotipos del sur

El análisis de variancia (ANVA), según se observa en la tabla 30, para este parámetro a un nivel de significancia de 0.05, no existen diferencias significativas en las fuentes de variabilidad para los bloques ni para tratamientos. El resultado del coeficiente de variación para esta variable nos muestra un valor de 26.39%.

El promedio general para este parámetro fue de 1201.09 kg/ha, esta variable osciló en un rango de 619.65 a 2341.35 kg/ha, como se muestra en la figura 20, para la variable rendimiento (kg/ha), se encontró que el ecotipo 03-10-214 fue la que tuvo el mayor rendimiento con 2341.35 kg/ha, seguido por Tarwi Cuzco 1 con 1864.35 kg/ha, mientras que los ecotipos que ocuparon los últimos lugares en esta variable fueron el Andenes INIA y MGP que tuvieron rendimientos de 851.85 y 619.65 kg/ha respectivamente.

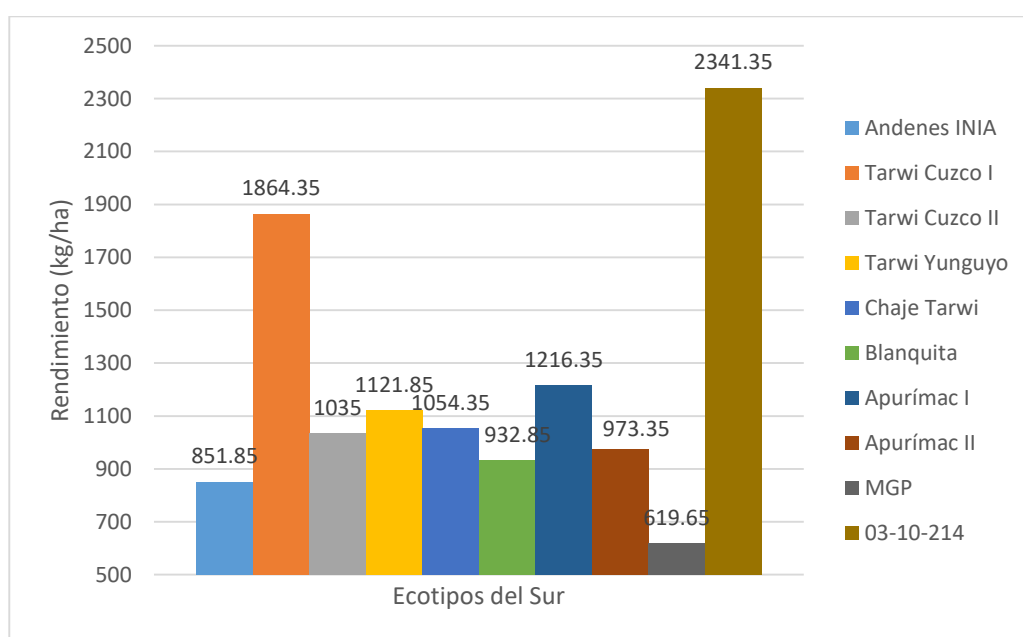


Figura 20: Rendimiento (kg/ha) de los ecotipos del sur

Según la prueba de Duncan a un nivel de 0.05% de probabilidad estadística, como se observa en la tabla 31, para la variable rendimiento, se muestra que el ecotipo 03-10-214 fue el que superó estadísticamente a los otros ecotipos, registrándose cuatro grupos diferenciados de acuerdo a los resultados obtenidos.

Se asume que la diferencia entre los tratamientos (ecotipos) se debe a la genética de las plantas, ya que al tratarse de ecotipos que provienen de lugares distintos, estos presentan una gran heterogeneidad de genes que pueden ayudar o desfavorecer a algunos ecotipos con respecto a las condiciones medio ambientales en el que se llevó a cabo el proyecto como son la temperatura, pH y C.E. del suelo, entre otros. Los rendimientos promedios de los ecotipos del centro y del sur fueron de 2010.05 y 1201.09 kg/ha respectivamente. Lo importante es que los ecotipo del centro fueron favorecidos por el clima de la región de Marcará y por el cumplimiento de las necesidades hídricas requeridas de la planta, lo cual hizo que sus rendimientos promedios fueran superiores al promedio nacional (1258.33 kg/ha) que registró INEI (2017), mientras que el rendimientos promedio de los ecotipos del sur es ligeramente inferior a este. De igual manera sucedió con los datos obtenidos por Aguilar y Huaranga (2017), que obtuvieron rendimientos promedios y máximos de 1435.4 y 1759.7 kg/ha respectivamente. Por su parte, para esta misma variable Quenallata (2008) encontró valores de 2189.70 y 2092.20 kg/ha.

El máximo de rendimiento encontrado fue del ecotipo Moteado beige con 3711.15 kg/ha, existen reportes de productividad que corroboran este alto rendimiento, debido a que Jacobsen y Mujica (2006) mencionan que el tarwi alcanza rendimientos de 3500 a 5000 kg/ha cuando este cultivo es conducido de forma adecuada y se le proporcionan todos sus requerimientos de forma oportuna, lo cual se dio en el presente experimento, con el caso de las necesidades hídricas del cultivo, ya que al ser realizado el experimento fuera de época, no hubo la cantidad necesarias de lluvias para conducir el experimento por secano como normalmente se haría, por lo que se tuvo que suplir las necesidades hídricas del cultivo con riego. Siendo este riego y la genética propia de los ecotipos factores muy importantes que favorecieron los altos rendimientos mostrados por los ecotipos durante el experimento.

Tabla 28: Análisis de varianza de las características evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del centro conducido en Marcará-Ancash

Fuente de variación	g.l.	Rendimiento (kg/ha)	Peso de 100 semillas (g)	Peso de granos de la inflorescencia central (g)	Peso de granos de las inflorescencias laterales (g)
Bloques	2	378297.37 N.S.	14.45 **	12.93 N.S.	123.49 N.S.
Tratamientos	8	3096744.14 **	30.02 **	26.27 N.S.	1384.05 **
Error	16	203860.18	1.33	6.07	74.72
Total	26				
Promedio		2010.05	23.63	10.10	36.59
C.V. (%)		21.42	4.84	24.39	23.63

Tabla 29: Cuadro de Duncan de las características evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del centro conducido en Marcará-Ancash

Ecotipo	Rendimiento (kg/planta)	Peso de 100 semillas (g)	Peso de granos de la inflorescencia central (g)	Peso de granos de las inflorescencias laterales (g)
Moteado beige	3711.15 a	26.63 ab	14.30 a	68.17 a
H6 INIA	3328.65 a	23.00 de	11.70 ab	62.27 a
Yanamuclo PLGO	2974.50 a	22.27 ef	6.80 c	59.30 a
Yanamuclo 008-1	1951.65 b	28.33 a	9.93 abc	33.43 b
Compuesto Blanco	1931.85 b	23.20 de	12.17 ab	30.77 bc
Cheje Copari	1719.00 b	20.40 f	10.13 abc	28.07 bc
Huancavelica	1413.00 bc	18.22 g	8.57 bc	22.83 bcd
Compuesto A	1141.65 bc	24.43 cd	9.50 bc	15.87 cd
Compuesto B	738.00 c	26.13 bc	7.80 bc	8.60 d
Promedio	2010.05	23.63	10.10	36.59

Tabla 30: Análisis de varianza de las características evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del sur conducido en Marcará-Ancash

Fuente de variación	G.L.	Rendimiento (kg/ha)	Peso de 100 semillas (g)	Peso de granos de la inflorescencia central (g)	Peso de granos de las inflorescencias laterales (g)
Bloques	2	1580.36 N.S.	8.10 N.S.	11.67 *	16.53 N.S.
Tratamientos	9	60878.50 **	20.34 **	10.11 *	417.74 *
Error	18	40577.11	4.37	2.88	15.06
Total	29				
Promedio		1201.09	20.73	8.22	18.47
C.V. (%)		26.39	10.08	20.65	21.01

Tabla 31: Cuadro de Duncan de las características de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del sur conducido en Marcará-Ancash

Ecotipo	Rendimiento (kg/ha)	Peso de 100 semillas (g)	Peso de granos de la inflorescencia central (g)	Peso de granos de las inflorescencias laterales (g)
03-10-214	2341.35 a	17.40 c	7.57 bc	44.47 a
Tarwi Cuzco I	1864.35 b	21.60 ab	8.17 abc	33.27 b
Apurímac I	1216.35 bc	23.47 a	6.63 c	20.40 c
Tarwi Yunguyo	1121.85 c	21.33 abc	11.07 a	13.87 cd
Chaje Tarwi	1054.35 c	18.17 bc	8.53 abc	14.90 cd
Tarwi Cuzco II	1035.00 c	22.93 a	10.13 ab	12.87 d
Apurímac II	973.35 c	24.63 a	8.30 abc	13.33 cd
Blanquita	932.85 cd	17.43 c	5.93 c	14.80 cd
Andenes INIA	851.85 cd	18.90 bc	5.70 c	13.23 cd
MGP	619.65 d	21.40 abc	10.20 ab	3.57 e
Promedio	1201.09	20.73	8.22	18.47

4.3.2. Peso de 100 semillas

- Ecotipos del centro

Como se muestra en la tabla 28, esta variable presentó diferencias estadísticas muy significativas tanto para bloques como para tratamientos, estas diferencias pueden ser debido a las diferentes respuestas de los ecotipos a las diferentes condiciones medio ambientales o edafológicas del lugar. El coeficiente de variación para esta variable fue 4.83%.

El promedio general para este parámetro fue de 23.63 g, esta variable osciló en un rango de 18.22 a 28.33 g, como se muestra en la figura 21, para la variable peso de 100 semillas, el ecotipo Yanamucló 008-1 fue el que superó al resto, obteniendo 28.33 g, este fue seguido por el ecotipo Moteado beige que presentó 26.63 g; mientras que los ecotipos que ocuparon los últimos lugares en esta variable fueron Cheje Copari y Huancavelica con 20.4 y 18.22 g respectivamente.

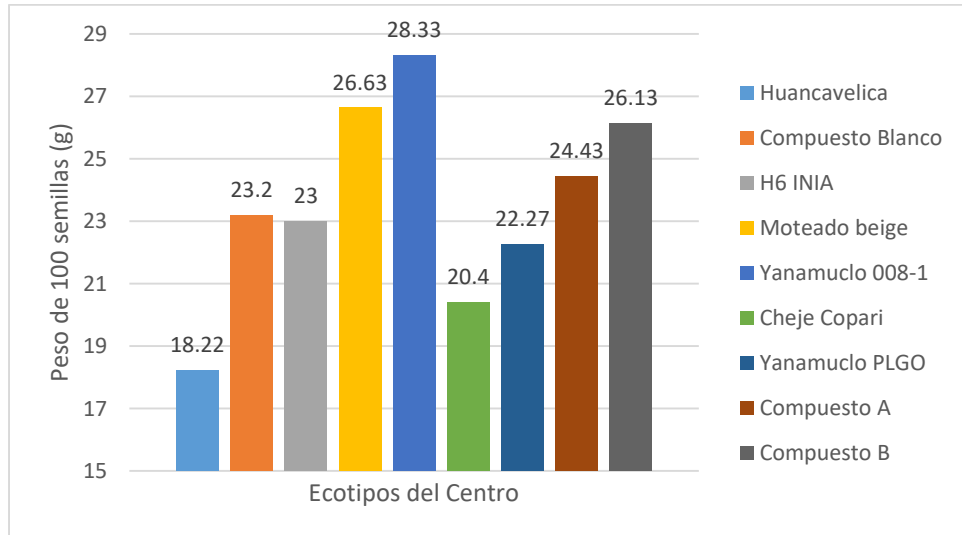


Figura 21: Peso de 100 semillas (g) de los ecotipos del centro

Según la prueba de Duncan a un nivel de 0.05% de probabilidad estadística, como se observa en la tabla 29, para la variable peso de 100 semillas, se muestra que el ecotipo Yanamucló 008-1 fue el que superó estadísticamente a los otros ecotipos, registrándose hasta siete grupos diferenciados de acuerdo a los resultados obtenidos.

- Ecotipos del sur

Como se presenta en la tabla 30, muestra que hubo diferencias estadísticas muy significativas entre los tratamientos debido al carácter genético de cada ecotipo estudiado. El resultado del coeficiente de variación para esta variable muestra un valor de 10.1%.

El promedio general para este parámetro fue de 20.73 g, esta variable osciló en un rango de 17.4 a 24.6 g, como se muestra en la figura 22, para la variable peso de 100 semillas, el ecotipo Apurímac II fue el que superó al resto, obteniendo 24.63 g, este fue seguido por el ecotipo Chaje tarwi que presentó 23.47 g; mientras que los ecotipos que ocuparon los últimos lugares en esta variable fueron Blanquita y 03-10-214 con 17.43 y 17.4 g respectivamente.

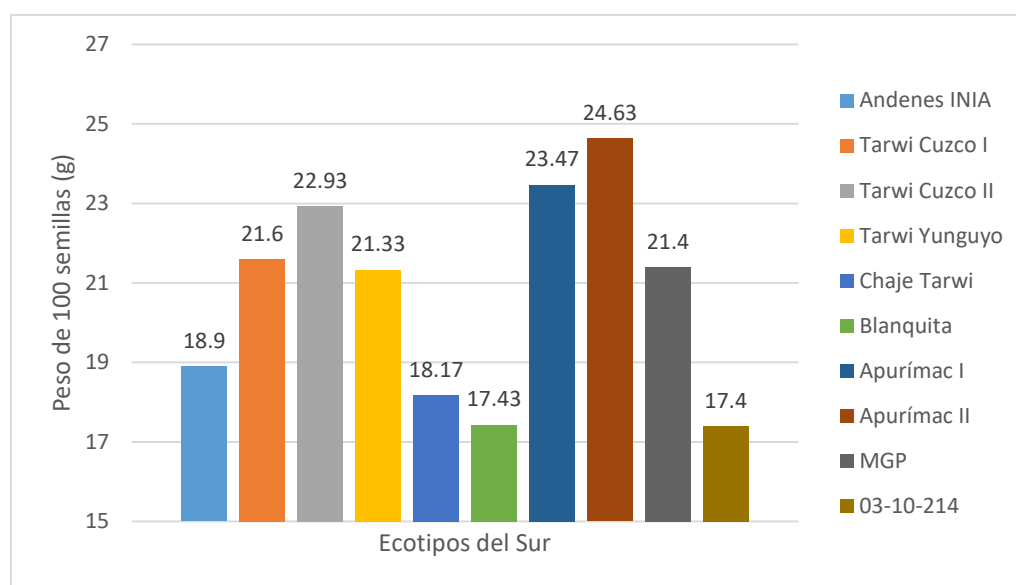


Figura 22: Peso de 100 semillas (g) de los ecotipos del sur

Según la prueba de Duncan a un nivel de 0.05% de probabilidad estadística, como se observa en la tabla 31, para la variable peso de 100 semillas, se muestra que el ecotipo Apurímac II fue el que superó estadísticamente a los otros ecotipos, registrándose tres grupos diferenciados de acuerdo a los resultados obtenidos.

El peso de 100 semillas promedio de los ecotipos del centro y sur del presente experimento fue de 26.63 y 20.73 g respectivamente, los cuales fueron valores

muy cercanos a los obtenidos por Aguilar (2015) en su investigación, ya que el obtuvo un peso promedio de 100 semillas de 24.52 g y valores que variaron desde los 28.67 a los 22.39g. De la misma forma coinciden con los obtenidos por Plata (2016), quien en su estudio realizado con ecotipos de tarwi, obtuvo pesos máximos de 24.47g y valores mínimos de 21.53g.

En cambio, Añanguari (2013), para esta misma variable obtuvo datos ligeramente superiores, con pesos que variaron desde los 24.66 hasta los 28.10 g. Araujo (2015) también obtuvo valores ligeramente superiores para la variable peso de 100 semillas, obteniendo pesos que variaron desde los 27.15 hasta 31.48 g.

Estas diferencias en el peso de 100 semillas por los diferentes ecotipos puede ser debido a una gran cantidad de variables, entre ellos la más importante a mencionar es su constitución genética, otras son las respuesta de los ecotipos al ambiente en el que se desarrolló el experimento. La suficiente disponibilidad de humedad de en el suelo que se le dio al cultivo durante sus etapas críticas de desarrolló como la floración y desarrollo y llenado de vainas favorece el normal desarrollo y llenado de los granos, ayudando así a que se obtengan granos de mayor calidad y mejores pesos en los granos del tarwi.

4.3.3. Peso de granos de la inflorescencia central

- Ecotipos del centro

Como se presenta en la tabla 28, el análisis de varianza no presentó diferencias estadísticas significativas para los tratamientos. El resultado del coeficiente de variación para esta variable muestra un valor de 24.38%.

El promedio general para este parámetro fue de 10.1 g, esta variable osciló en un rango de 6.83 a 14.3 g, como se muestra en la figura 23, para la variable peso de las semillas de las inflorescencias centrales el ecotipo Moteado beige superó al resto, obteniendo 14.3 g, este fue seguido por Compuesto Blanco que presentó 12.17g; mientras que los ecotipos que ocuparon los últimos lugares en esta

variable fueron Compuesto B y Yanamuco PLGO con 7.8 y 6.8 g respectivamente.

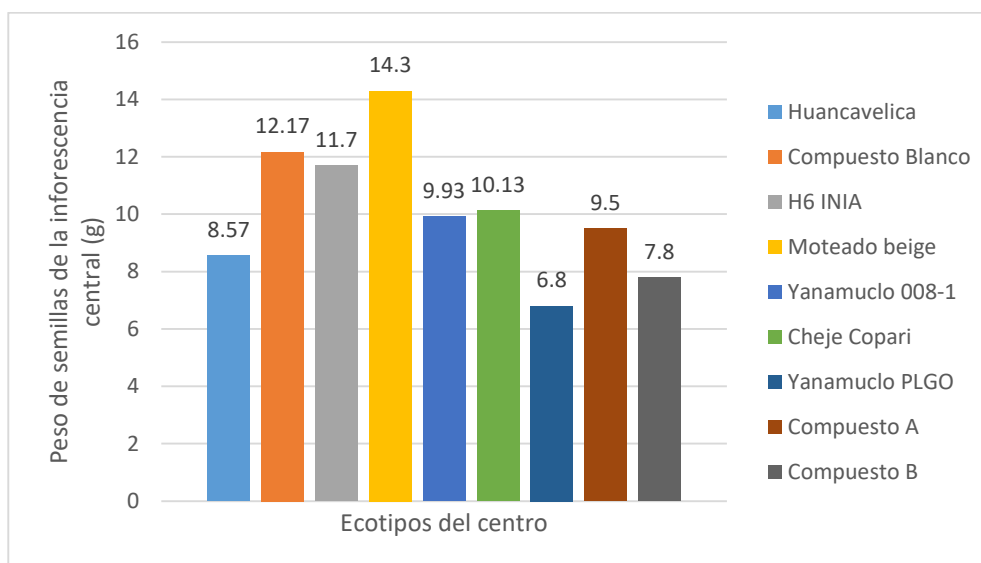


Figura 23: Peso de las semillas de las inflorescencias centrales de los ecotipos del centro

Según la prueba de Duncan a un nivel de 0.05% de probabilidad estadística, como se observa en la tabla 29, para la variable peso de las semillas de las inflorescencias centrales, se muestra que el ecotipo Moteado beige fue el que superó estadísticamente a los otros ecotipos, registrándose tres grupos diferenciados de acuerdo a los resultados obtenidos.

- Ecotipos del sur

Como se presenta en la tabla 30, el análisis de varianza presentó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, estas diferencias pueden ser debido a la respuesta de los ecotipos a las diferentes condiciones medio ambientales o edafológicas del lugar. El resultado del coeficiente de variación para esta variable nos muestra un valor de 20.36%.

El promedio general para este parámetro fue de 8.2 g, esta variable osciló en un rango de 5.7 a 11.1 g, como se muestra en la figura 24, para la variable peso de las semillas de las inflorescencias centrales el ecotipo tarwi Yunguyo superó al resto, obteniendo 11.7 g, este fue seguido por el ecotipo MGP que presentó 10.2

g; mientras que los ecotipos que ocuparon los últimos lugares en esta variable fueron Blanquita y Andenes INIA con 5.93 y 5.7 g respectivamente.

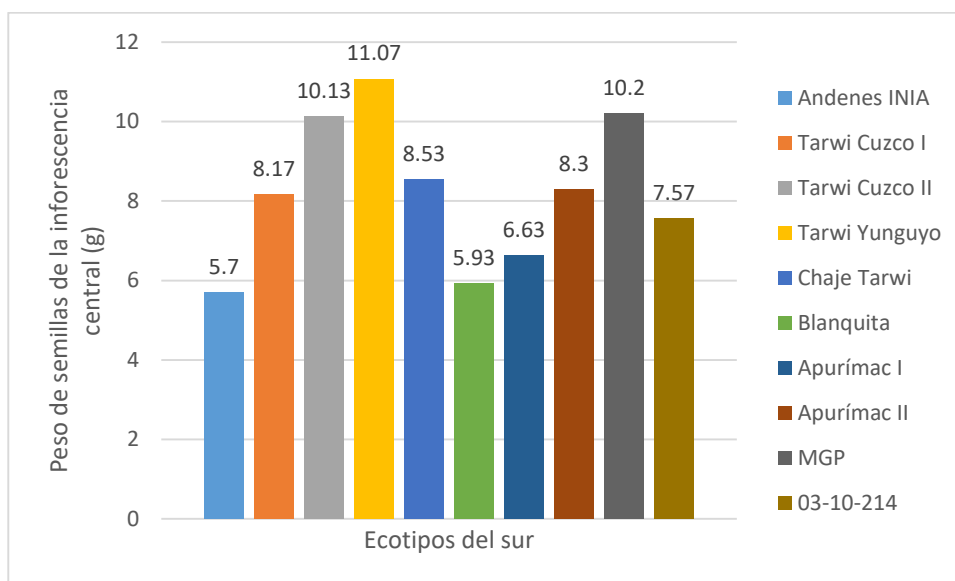


Figura 24: Peso de las semillas de las inflorescencias centrales de los ecotipos del sur

Según la prueba de Duncan a un nivel de 0.05% de probabilidad estadística, como se observa en la tabla 31, para la variable peso de las semillas de las inflorescencias centrales, se muestra que el ecotipo tarwi Yunguyo fue el que superó estadísticamente a los otros ecotipos, registrándose tres grupos diferenciados de acuerdo a los resultados obtenidos.

4.3.4. Peso de granos de las inflorescencias laterales

- Ecotipos del centro

Como se presenta en la tabla 28, el análisis de varianza muestra diferencias estadísticas muy significativas para los tratamientos, esta diferencia entre tratamientos puede ser debido a la diversidad genética que presentan estos ecotipos. El resultado del coeficiente de variación para esta variable nos muestra un valor de 23.6%.

El promedio general para este parámetro fue de 36.58 g, esta variable osciló en un rango de 8.6 a 59.3 g, como se muestra en la figura 25, para la variable peso

de las semillas de las inflorescencias laterales el ecotipo Moteado beige superó al resto, obteniendo 68.17 g, este fue seguido por el ecotipo H6 INIA que presentó 62.27 g; mientras que los ecotipos que ocuparon los últimos lugares en esta variable fueron Compuesto A y Compuesto B con 15.87 y 8.6 g respectivamente.

Según la prueba de Duncan a un nivel de 0.05% de probabilidad estadística, como se observa en la tabla 29, para la variable peso de las semillas de las inflorescencias laterales, se muestra que el ecotipo Moteado beige fue el que superó estadísticamente a los otros ecotipos, registrándose cuatro grupos diferenciados de acuerdo a los resultados obtenidos.

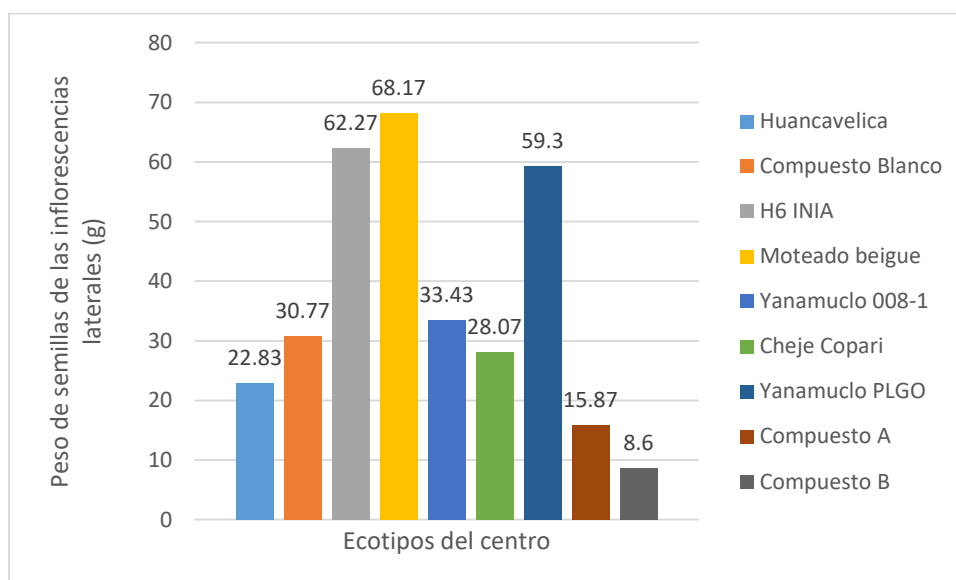


Figura 25: Peso de las semillas de las inflorescencias laterales de los ecotipos del centro

- Ecotipos del sur

Como se presenta en la tabla 30, el análisis de varianza muestra la existencia de diferencias estadísticas significativas para los tratamientos, esta diferencia entre tratamientos puede ser debido a la variabilidad genética que presentan los ecotipos evaluados. El resultado del coeficiente de variación para esta variable nos muestra un valor de 21%.

El promedio general para este parámetro fue de 18.47 g, esta variable osciló en un rango de 3.56 a 44.46 g, como se muestra en la figura 26, para la variable peso

de las semillas de las inflorescencias laterales el ecotipo 03-10-214 superó al resto, obteniendo 44.97 g, este fue seguido por el ecotipo tarwi Cuzco I que presentó 33.27 g; mientras que el ecotipo que ocupó el último lugar en esta variable fue MGP con 3.57 g.

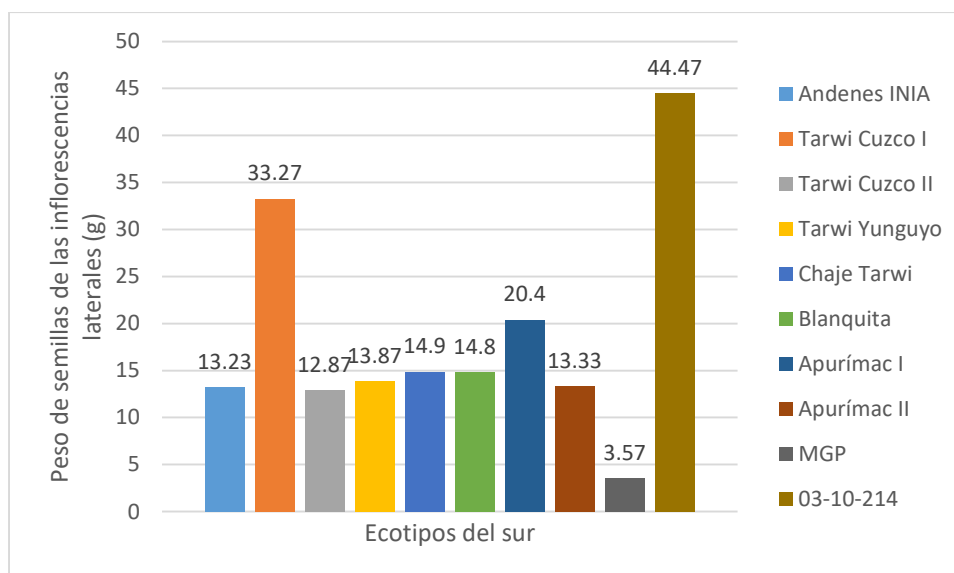


Figura 26: Peso de las semillas de las inflorescencias laterales de los ecotipos del sur

Según la prueba de Duncan a un nivel de 0.05% de probabilidad estadística, como se observa en la tabla 31, para la variable peso de las semillas de las inflorescencias laterales, se muestra que el ecotipo 03-10-214 fue el que superó estadísticamente a los otros ecotipos, registrándose cinco grupos diferenciados de acuerdo a los resultados obtenidos.

4.3.5. Número de granos por vaina

- Ecotipos del centro

Como se presenta en la tabla 32, el análisis de varianza no presentó diferencias estadísticas significativas para los tratamientos. El resultado del coeficiente de variación para esta variable nos muestra un valor de 11.29%.

El promedio general para este parámetro fue de 3.5 granos/vaina, esta variable osciló en un rango de 2.93 a 3.96 granos/vaina, como se muestra en la figura 27,

el ecotipo Cheje Copari superó a los demás, obteniendo 3.97 granos/vainas, este fue seguido por el ecotipo Compuesto blanco que presentó 3.87 granos/vaina; mientras que el ecotipo que ocupó el último lugar en esta variable fue Compuesto B con 2.93 granos/vaina.

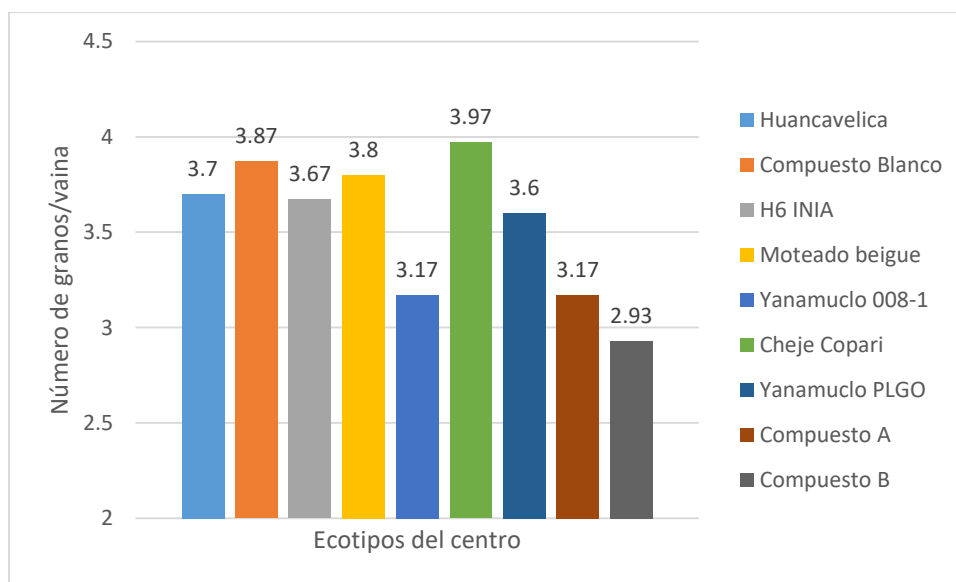


Figura 27: Número de granos/vaina de los ecotipos del centro

Según la prueba de Duncan a un nivel de 0.05% de probabilidad estadística, como se observa en la tabla 33, para la variable número de granos/vaina, se muestra que el ecotipo, Cheje Copari fue el que superó estadísticamente a los otros ecotipos, registrándose tres grupos diferenciados de acuerdo a los resultados obtenidos.

- Ecotipos del sur

En la tabla 34 se presenta el análisis de varianza para los tratamientos. El resultado del coeficiente de variación para esta variable nos muestra un valor de 10.72%.

El promedio general para este parámetro fue de 3.5 granos/vaina, esta variable osciló en un rango de 2.9 a 4.26 granos/vaina, como se muestra en la figura 28, el ecotipo 03-10-214 superó a los demás, obteniendo 4.27 granos/vainas, este fue seguido por el ecotipo Chaje tarwi que presentó 3.77 granos/vaina; mientras que

el ecotipo que ocupó el último lugar en esta variable fue Apurímac II con 2.9 granos/vaina.

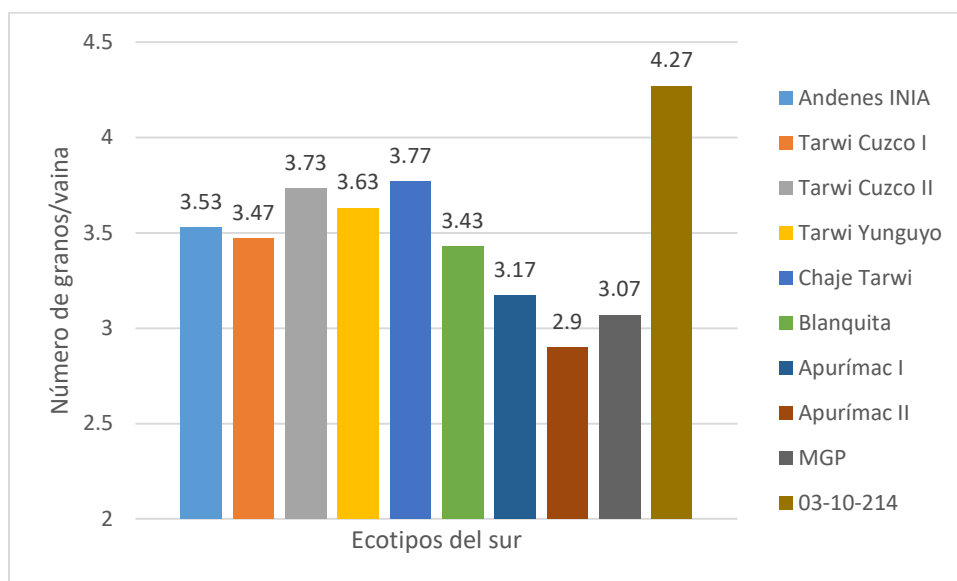


Figura 28: Número de granos/vaina de los ecotipos del sur

Según la prueba de Duncan a un nivel de 0.05% de probabilidad estadística, como se observa en la tabla 35, para la variable número de granos/vaina, se muestra que el ecotipo, 03-10-214 superó estadísticamente a los otros ecotipos, registrándose tres grupos diferenciados de acuerdo a los resultados obtenidos.

El número de granos/vaina promedio de los ecotipos del centro y del sur del presente experimento fue de 3.5 cm para ambos casos, los cuales fueron valores menores a los obtenidos por Quenallata (2008) que en su experimento obtuvo promedios de 4.94 y 5.07 granos/vaina. Aguilar (2015) obtuvo en su experimento un valor promedio de 4.96 granos/vaina. Añanguari (2013) para esta misma variable obtuvo promedios que variaron desde los 4.8 hasta los 5.4 granos/vaina.

Aguilar (2015) citando a Castañeda (1988), menciona que en un estudio comparativo realizado en la zona de Chiquian (Ancash) y Jauja (Junín) el ecotipo Compuesto 11 registro el valor más alto para este parámetro con 5 y 6 granos por vaina para Chiquian y Jauja respectivamente, sin embargo el ecotipo no tuvo un rendimiento óptimo ya que registró un valor de 830.3 y 523.0 Kg/ha. Los resultados obtenidos en este experimento demostraron que no existe una relación

directa entre número de granos por vaina y el rendimiento, sin embargo se puede observar la calidad de grano, el color, sanidad, peso del grano, entre otras características.

Tabla 32: Análisis de varianza de las características evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del centro conducido en Marcará-Ancash

Fuente de variación	g.l.	Número de granos por vaina	Número de lóculos por vaina	Longitud de vaina (cm)	Acho de vaina (cm)	Grosor de vaina (cm)
Bloques	2	0.32 N.S.	0.56 N.S.	0.11 N.S.	0.0033 N.S.	0.0011 N.S.
Tratamientos	8	0.39 N.S.	0.36 N.S.	0.33 N.S.	0.0175 N.S.	0.0025 N.S.
Error	16	0.16	0.21	0.18	0.0088	0.0028
Total	26					
Promedio		3.51	5.52	7.39	1.62	0.71
C.V. (%)		11.29	8.36	5.7	5.77	7.41

Tabla 33: Cuadro de Duncan de las características de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del centro conducido en Marcará-Ancash

Ecotipo	Número de granos por vaina	Número de lóculos por vaina	Longitud de vaina (cm)	Acho de vaina (cm)	Grosor de vaina (cm)
Moteado beige	3.80 ab	6.10 a	7.80 a	1.60 ab	0.73 a
H6 INIA	3.67 abc	5.43 ab	7.37 abc	1.77 a	0.73 a
Yanamuclo PLGO	3.60 abc	5.73 ab	7.60 abc	1.53 b	0.73 a
Yanamuclo 008-1	3.17 bc	4.90 b	7.57 abc	1.70 ab	0.73 a
Compuesto Blanco	3.87 ab	5.70 ab	7.63 ab	1.63 ab	0.73 a
Cheje Copari	3.97 a	5.70 ab	6.80 bc	1.53 b	0.67 a
Huancavelica	3.70 ab	5.23 ab	7.43 abc	1.63 ab	0.70 a
Compuesto A	3.17 bc	5.53 ab	7.37 abc	1.57 b	0.70 a
Compuesto B	2.93 c	5.30 ab	6.90 bc	1.63 ab	0.67 a
Promedio	3.501	5.52	7.39	1.62	0.71

Tabla 34: Características evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del sur conducido en Marcará-Ancash

Fuente de variación	g.l.	Número de granos por vaina	Número de lóculos por vaina	Longitud de vaina (cm)	Acho de vaina (cm)	Grosor de vaina (cm)
Bloques	2	0.086 N.S.	0.45 N.S.	0.27 N.S.	0.01 *	0.002 N.S.
Tratamientos	9	0.465 *	0.16 N.S.	0.73 N.S.	0.02 **	0.006 N.S.
Error	18	0.14	0.13	0.32	0.002	0.003
Total	29					
Promedio		3.49	5.78	6.88	1.57	0.73
C.V. (%)		10.72	6.21	8.19	3.10	7.09

Tabla 35: Cuadro de Duncan de las características de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del sur conducido en Marcará-Ancash

Ecotipo	Número de granos por vaina	Número de lóculos por vaina	Longitud de vaina (cm)	Acho de vaina (cm)	Grosor de vaina (cm)
03-10-214	4.27 a	5.63 ab	6.77 abc	1.47 d	0.70 ab
Tarwi Cuzco I	3.47 bc	6.07 a	7.27 ab	1.60ab	0.73 ab
Apurímac I	3.17 bc	6.10 a	7.40 ab	1.67 a	0.73 ab
Tarwi Yunguyo	3.63 ab	5.80 ab	7.30 ab	1.63 ab	0.77 ab
Chaje Tarwi	3.77 ab	5.77 ab	6.50 abc	1.57 bc	0.73 ab
Tarwi Cuzco II	3.73 ab	6.03 ab	7.60 a	1.63 ab	0.80 a
Apurímac II	2.90 c	5.70 ab	6.87 abc	1.67 a	0.80 a
Blanquita	3.43 bc	5.70 ab	6.07 c	1.50 cd	0.70 ab
Andenes INIA	3.53 bc	5.70 ab	6.57 abc	1.50 cd	0.70 ab
MGP	3.07 bc	5.33 b	6.47 bc	1.47 d	0.67 b
Promedio	3.49	5.7833	6.88	1.57	0.73

4.3.6. Número de lóculos por vaina

- Ecotipos del centro

Como se presenta en la tabla 32, el análisis de varianza para esta variable no presentó diferencias estadísticas para los tratamientos. El resultado del coeficiente de variación para esta variable nos muestra un valor de 8.4%.

El promedio general para este parámetro fue de 5.5 lóculos/vaina, esta variable osciló en un rango de 4.9 a 6.1 lóculos/vaina, como se muestra en la figura 29, el ecotipo Moteado beige superó a los demás, obteniendo 6.1 lóculos/vainas, este fue seguido por los ecotipos Yanamucló PLGO con 5.73 lóculos/vainas, Compuesto Blanco y Cheje Copari que obtuvieron ambos 5.7 lóculos/vaina; mientras que el ecotipo que ocupó el último lugar en esta variable fue el Yanamucló 008-I con 4.9 lóculos/vaina.

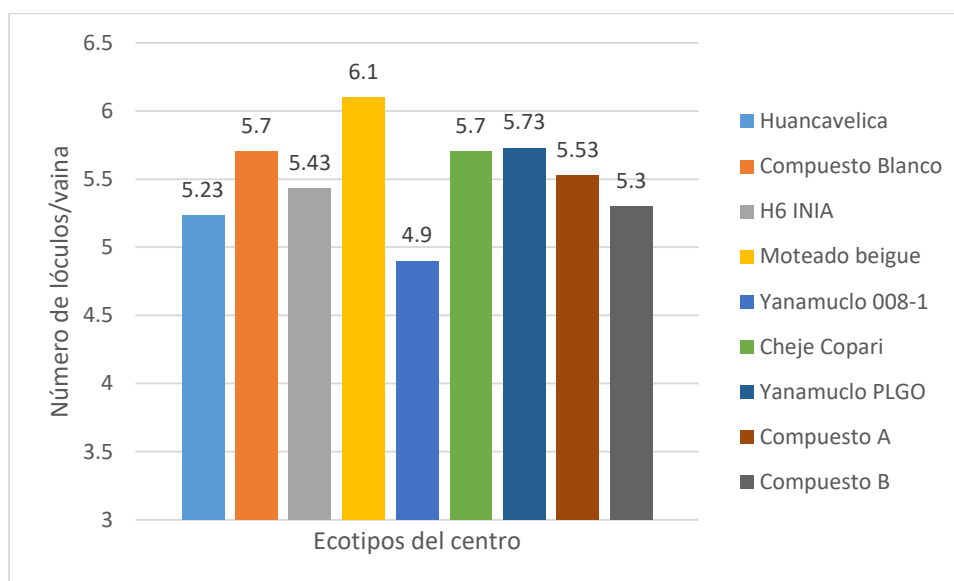


Figura 29: Número de lóculos/vaina de los ecotipos del centro

Según la prueba de Duncan a un nivel de 0.05% de probabilidad estadística, como se observa en la tabla 33, para la variable número de lóculos/vaina, se muestra que el ecotipo Moteado beige superó estadísticamente a los otros ecotipos, registrándose dos grupos diferenciados de acuerdo a los resultados obtenidos.

- Ecotipos del sur

Como se presenta en la tabla 34, el análisis de varianza para esta variable no presentó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. El resultado del coeficiente de variación para esta variable nos muestra un valor de 6.2%.

El promedio general para este parámetro fue de 5.8 lóculos/vaina, esta variable osciló en un rango de 5.3 a 6.1 lóculos/vaina, como se muestra en la figura 30, el ecotipo Apurímac I superó a los demás, obteniendo 6.1 lóculos/vainas, este fue seguido por los ecotipos tarwi Cuzco I y tarwi Cuzco II que obtuvieron 6.07 y 6.03 lóculos/vaina respectivamente; mientras que el ecotipo que ocupó el último lugar en esta variable fue el MGP con 5.33 lóculos/vaina.

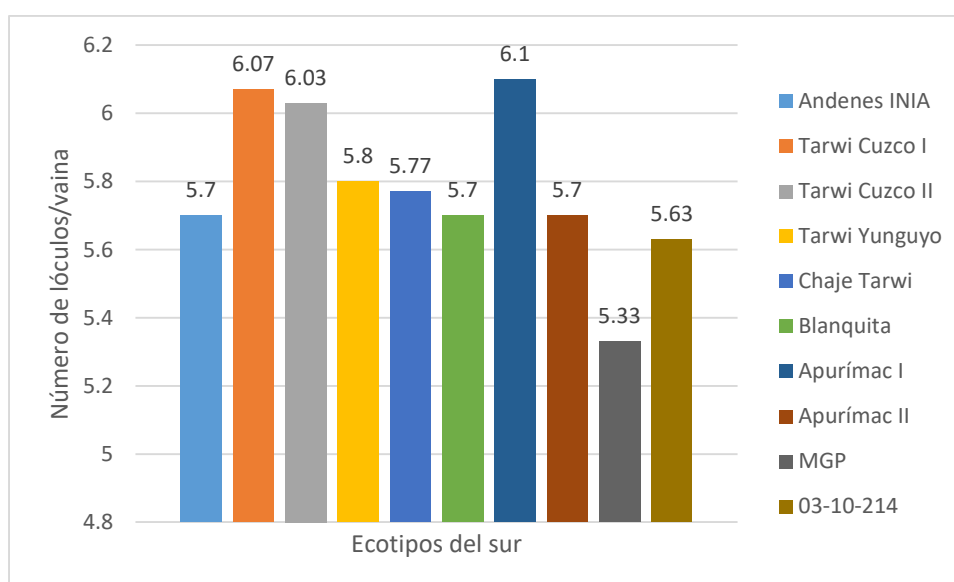


Figura 30: Número de lóculos/vaina de los ecotipos del sur

Según la prueba de Duncan a un nivel de 0.05% de probabilidad estadística, como se observa en la tabla 35, para la variable número de lóculos/vaina, se muestra que el ecotipo Apurímac I superó estadísticamente a los otros ecotipos, registrándose dos grupos diferenciados de acuerdo a los resultados obtenidos.

4.3.7. Longitud de vaina

- Ecotipos del centro

Como se presenta en la tabla 32, el análisis de varianza para esta variable presentó que no se encontraron diferencias estadísticas significativas en los tratamientos. El resultado del coeficiente de variación para esta variable nos muestra un valor de 5.7%.

El promedio de la longitud de vainas fue de 7.38 cm, oscilando entre una medida de longitud de vainas de 6.9 y 7.8 cm, como se muestra en la figura 31, el ecotipo Moteado beige fue el que obtuvo vainas de mayores longitudes, teniendo vainas de una longitud promedio de 7.8 cm, seguido por el Compuesto blanco que obtuvo longitudes de vainas de 7.63 cm; mientras que el ecotipo que ocupó el último lugar en esta variable fue Cheje Copari con longitudes de vainas de 6.8 cm.

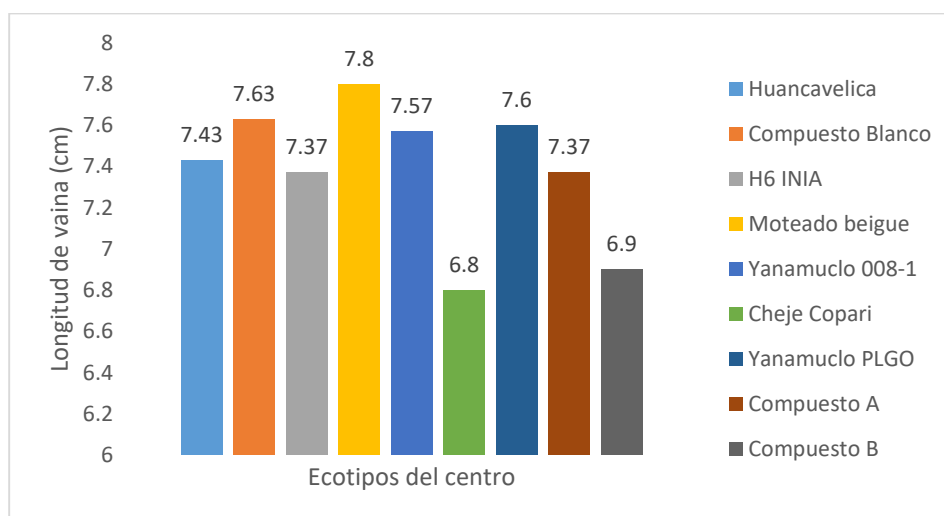


Figura 31: Longitud de vaina (cm) de los ecotipos del centro

Según la prueba de Duncan a un nivel de 0.05% de probabilidad estadística, como se observa en la tabla 33, para la variable longitud de vaina, se muestra que el ecotipo Moteado beige fue el que superó estadísticamente a los otros ecotipos, registrándose tres grupos diferenciados de acuerdo a los resultados obtenidos.

- Ecotipos del sur

Como se presenta en la tabla 34, en el análisis de varianza para esta variable no se presentaron diferencias estadísticas significativas para los tratamientos. En los resultados del análisis de varianza al 0.05%, no se encontraron diferencias estadísticas significativas para bloques ni tratamientos, teniendo este un coeficiente de varianza de 8.1%.

El promedio del ancho de vainas fue de 6.88 cm, oscilando entre una medida de longitud de vainas de 6.07 y 7.60 cm, como se muestra en la figura 32, el ecotipo Tarwi Cuzco II fue el que obtuvo vainas de mayores longitudes, teniendo vainas de una longitud promedio de 7.6 cm, seguido por el ecotipo Apurímac I que obtuvo longitudes de vainas de 7.4 cm; mientras que el ecotipo que ocupó el último lugar en esta variable fue Blanquita, con longitudes de vainas de 6.07 cm.

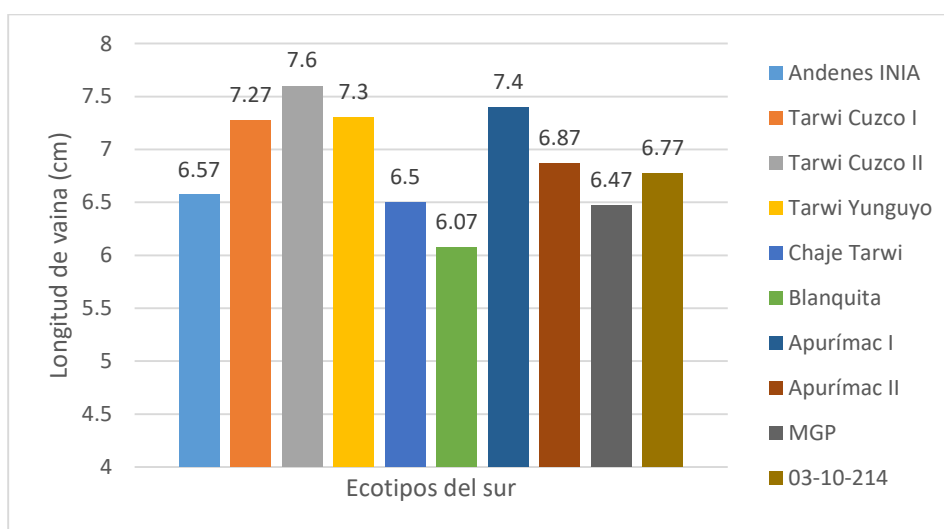


Figura 32: Longitud de vaina (cm) de los ecotipos del sur

Según la prueba de Duncan a un nivel de 0.05% de probabilidad estadística, como se observa en la tabla 35, para la variable longitud de vaina, se muestra que el ecotipo tarwi Cuzco II superó estadísticamente a los otros ecotipos, registrándose tres grupos diferenciados de acuerdo a los resultados obtenidos.

Los tamaños de longitud de vainas promedios de los ecotipos del centro y del sur del presente experimento fueron de 7.39 y 6.88 cm respectivamente, los cuales

fueron valores menores a los obtenidos por Quenallata (2008) que obtuvo en su investigación valores promedios para esta variable de 9.5 y 9.34 cm de longitud y a los obtenidos por Callisaya (2012) y Añanguari (2013), que informaron obtener valores de longitudes de vainas que variaron entre los 7.43 a 8.9 cm y 8.89 a 9.35 cm respectivamente.

4.3.8. Ancho de vaina

- Ecotipos del centro

Como se presenta en la tabla 32, el análisis de varianza para esta variable no presentó diferencias estadísticas significativas para los tratamientos. El resultado del coeficiente de variación para esta variable muestra un valor de 5.7%.

El promedio del ancho de vainas fue de 1.62 cm, oscilando entre una medida de ancho de vainas de 1.53 y 1.77 cm, como se muestra en la figura 33, el ecotipo H6 INIA fue el que registró un mayor ancho de vaina con 1.77cm, seguido por Yanamucllo 008-1 que obtuvo vainas de un ancho de 1.7cm, mientras que las accesiones Cheje copari y Yanamucllo PLGO fueron las que obtuvieron un menor ancho de vaina, teniendo ambas vainas con un ancho de 1.53 cm.

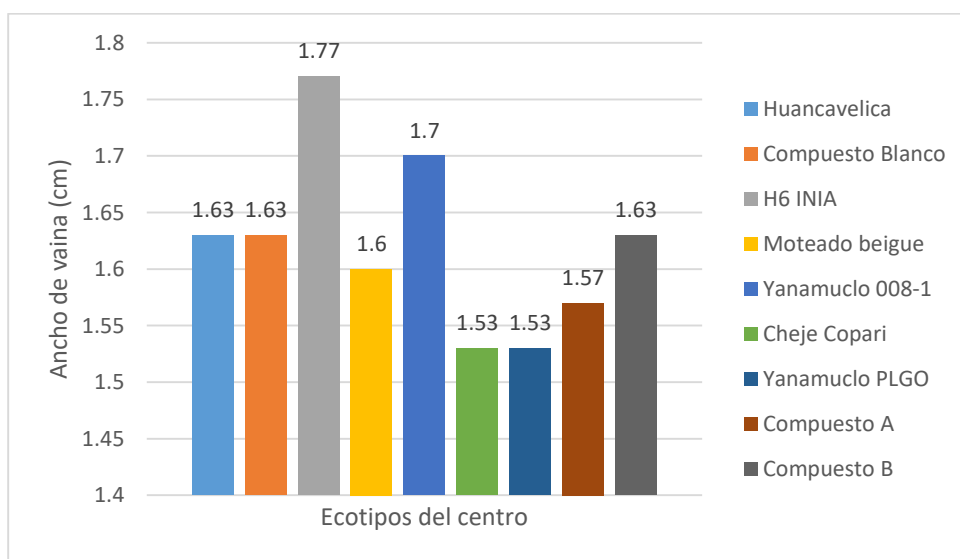


Figura 33: Ancho de vaina (cm) de los ecotipos del centro

Según la prueba de Duncan a un nivel de 0.05% de probabilidad estadística, como se observa en la tabla 33, para la variable ancho de vaina, se muestra que el ecotipo H6 INIA superó estadísticamente a los otros ecotipos, registrándose dos grupos diferenciados de acuerdo a los resultados obtenidos

- Ecotipos del sur

Como se presenta en la tabla 34, el análisis de varianza para esta variable presentó diferencias estadísticas significativas para los bloques y diferencias estadísticas muy significativas para los tratamientos. El resultado del coeficiente de variación para esta variable nos muestra un valor de 3.10%.

El promedio del ancho de vainas fue de 1.57 cm, oscilando entre una medida de ancho de vainas de 1.47 y 1.67 cm, como se muestra en la figura 34, los ecotipos Apurímac I y Apurímac II registraron valores más altos en esta variable, obteniendo ambos vainas con un ancho de 1.67cm, seguidos por los ecotipos tarwi Cuzco II y tarwi Yunguyo, teniendo ambos anchos de vainas de 1.63 cm; mientras que los ecotipos que ocuparon el último lugar en esta variable fueron MGP y 03-10-214, ambos con anchos de vainas de 1.47 cm.

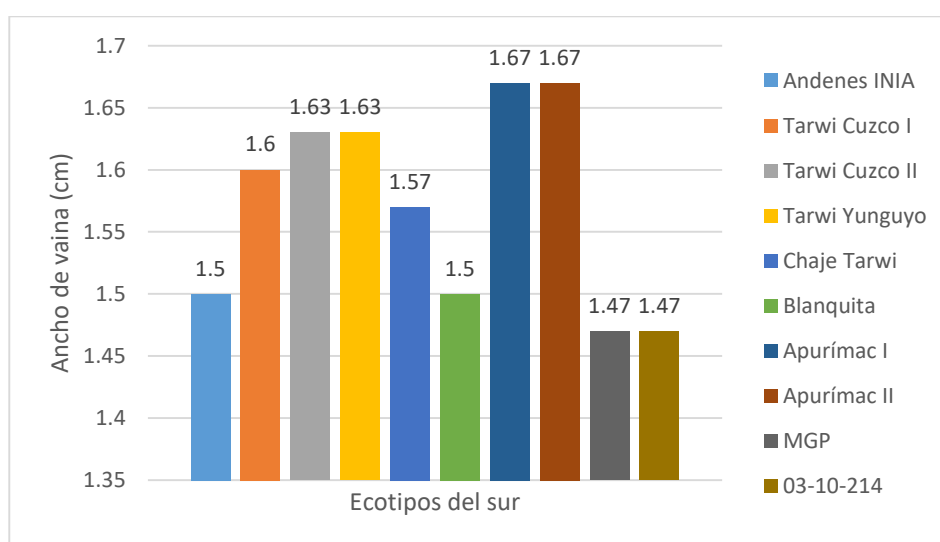


Figura 34: Ancho de vaina (cm) de los ecotipos del sur

Según la prueba de Duncan a un nivel de 0.05% de probabilidad estadística, como se observa en la tabla 35, para la variable ancho de vaina, se muestra que los

ecotipos Apurímac I y Apurímac I superaron estadísticamente a los otros ecotipos, registrándose cuatro grupos diferenciados de acuerdo a los resultados obtenidos.

4.3.9. Grosor de vaina

- Ecotipos del centro

Como se presenta en la tabla 32, el análisis de varianza para esta variable no muestra diferencias significativas para los tratamientos. Los resultados del coeficiente de variación para esta variable nos da un valor de 7.4%.

El promedio del grosor de vainas fue de 0.71 cm, oscilando entre una medida de grosor de vainas entre 0.67 y 0.73 cm, como se muestra en la figura 35, los ecotipos Compuesto blanco, H6 INIA, Moteado beige, Yanamucllo 008-1 y Yanamucllo PLGO las que presentaron un mayor grosor de vaina, el cual fue de 0.73 cm y en cambio el Compuesto B y el Cheje Copari fueron los ecotipos que presentaron un grosor de vaina menor, teniendo ambos vainas de 0.67 cm de grosor.

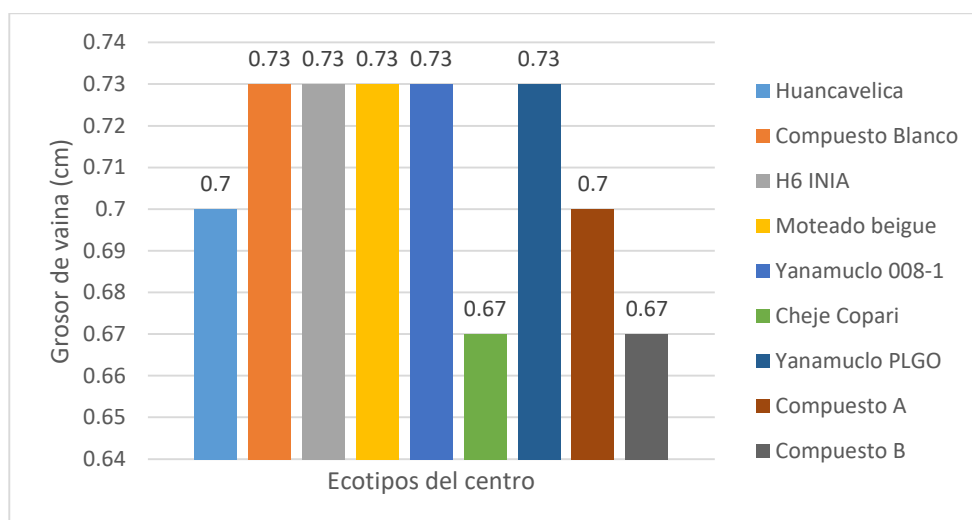


Figura 35: Grosor de vaina (cm) de los ecotipos del centro

Según la prueba de Duncan a un nivel de 0.05% de probabilidad estadística, como se observa en la tabla 33, para la variable grosor de vaina, se muestra que los ecotipos Compuesto blanco, H6 INIA, Moteado beige, Yanamucllo 008-1 y

Yanamuclo PLGO fueron los que superaron estadísticamente a los otros ecotipos, registrándose un único grupo de acuerdo a los resultados obtenidos.

- Ecotipos del sur

Como se presenta en la tabla 34, el análisis de varianza para esta variable no presenta diferencia significativa para los tratamientos. Los resultados del coeficiente de variación para esta variable nos da un valor de 7.09%.

El promedio del grosor de vainas fue de 0.73cm, oscilando entre una medida de grosor de vainas entre 0.8 y 0.67 cm, como se muestra en la figura 36, para grosor de vaina, se observa que los ecotipos tarwi Cuzco II y Apurímac II obtuvieron vainas con grosores promedios de 0.8cm, seguidos por tarwi Yunguyo con 0.77cm y en comparación con estos, el ecotipo que presentó un menor grosor de vainas fue el MGP con 0.67cm.

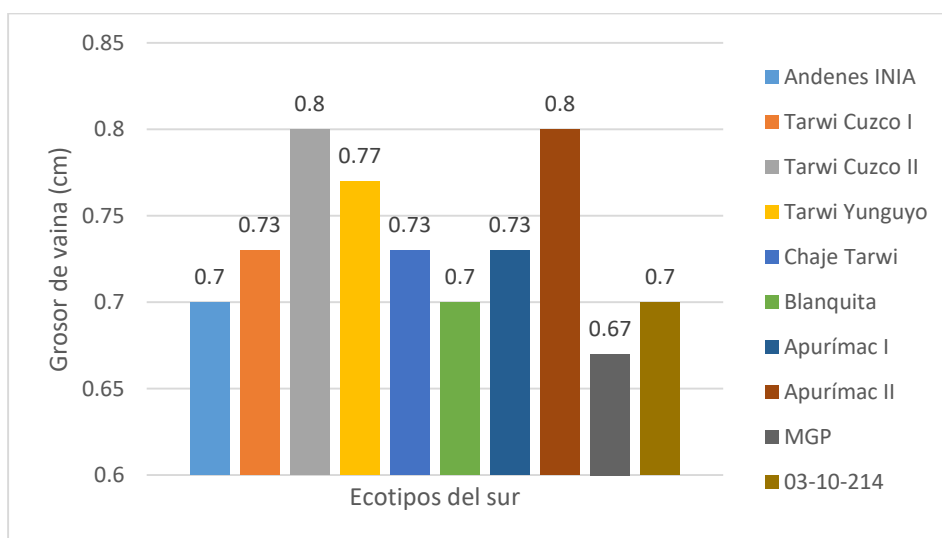


Figura 36: Grosor de vaina (cm) de los ecotipos del sur

Según la prueba de Duncan a un nivel de 0.05% de probabilidad estadística, como se observa en la tabla 35, para la variable grosor de vaina, se muestra que los ecotipos tarwi Cuzco II y Apurímac II fueron los que superaron estadísticamente a los otros ecotipos, registrándose dos grupos diferenciados de acuerdo a los resultados obtenidos.

Los tamaños de grosores de vainas promedios de los ecotipos del centro y del sur del presente experimento fueron de 0.71 y 0.73 cm respectivamente, los cuales fueron valores menores a los obtenidos por Aguilar (2015) que obtuvo en su experimento un valor promedio de 0.806 cm para esta variable.

4.3.10. Días a la floración

- Ecotipos del centro

El análisis de varianza para esta variable, presentó diferencias significativas para los tratamientos, tal como se muestra en la tabla 36, esta diferencia entre tratamientos se da por la variación genética presente en cada ecotipo, ya que al venir estos ecotipos de diferentes regiones del país, estos se ha adaptado a diferentes variables edáficas y climáticas, las cuales han influido en sus genes. Los resultados del coeficiente de variación para esta variable nos da un valor de 2.04%.

El número de días a la floración promedio fue de 85.37 días, y en los ecotipos esta variable osciló entre 83 y 86.667 días, La figura 37 muestra que el ecotipo Yanamuco 008-1 se adelantó a los otros ecotipos en el número de días a la floración con 84 días, seguido por el Moteado beige y Compuesto A con 85 días ambos, finalmente el ecotipo que duro más días fue el Yanamuco PLGO con 86.667 días.

De acuerdo a la prueba de Duncan al 0.05% de probabilidad estadística, como se observa en la tabla 37, para días a la floración se observa que las variedades Yanamuco 008-1 y Compuesto B resultaron ser las más precoces, sin embargo estos no difirieron mucho estadísticamente de los otros ecotipos, ya que el ecotipo Yanamuco PLGO, que fue el que demoró más días en florecer, difirió tan solo por 2.67 días al compararlo con el ecotipo Yanamuco 008-1.

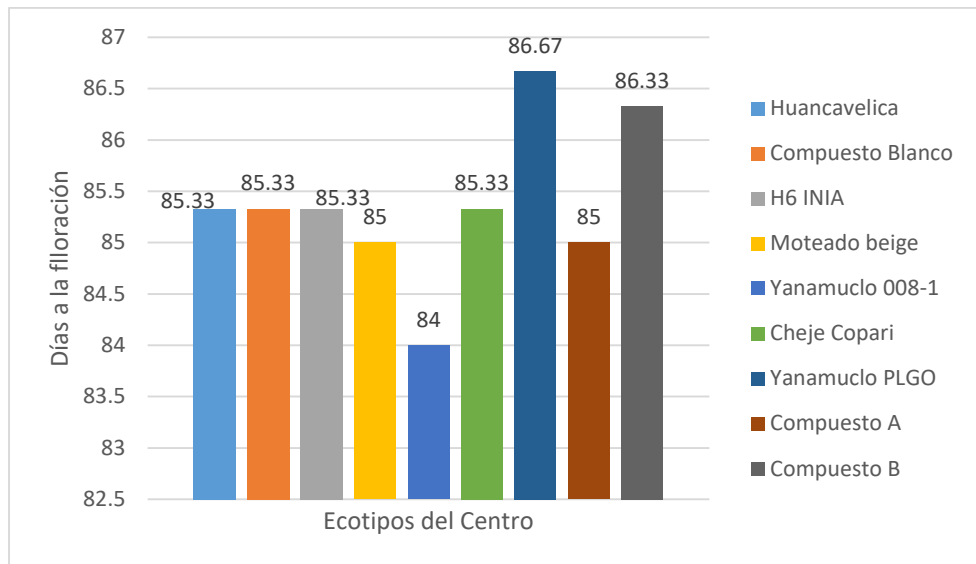


Figura 37: Número de días a la floración de los ecotipos del centro

- Ecotipos del sur

El análisis de varianza para la variable días a la floración, presenta diferencia significativa para los tratamientos, como se presenta en la tabla 38, esta diferencia está dada por la variación genética presente en cada ecotipo, ya que esta variación genética se dio para que cada uno de los ecotipos se adapte a las diferentes condiciones climáticas y edáficas de las zonas de las que provienen. Los resultados del coeficiente de variación para esta variable nos da un valor de 2.06%.

El número promedio de días a la floración fue de 87.6 días y en los ecotipos esta variable osciló entre 83.33 y 91.33 días, como se muestra en la figura 38, para días a la floración se observa que el ecotipo Andenes INIA fue el que resultó ser más precoz con 84.33 días, seguido por Chaje tarwi, en comparación el ecotipo MGP fue el más tardío de todos, tardando 7 días más que el Andenes INIA, para florecer a los 91.33 días.

De acuerdo a la prueba de Duncan al 0.05% de probabilidad estadística, como se observa en la tabla 39, para días a la floración se observa que la variedad Andenes INIA fue el más precoz, siendo superado estadísticamente por los otros ecotipos.

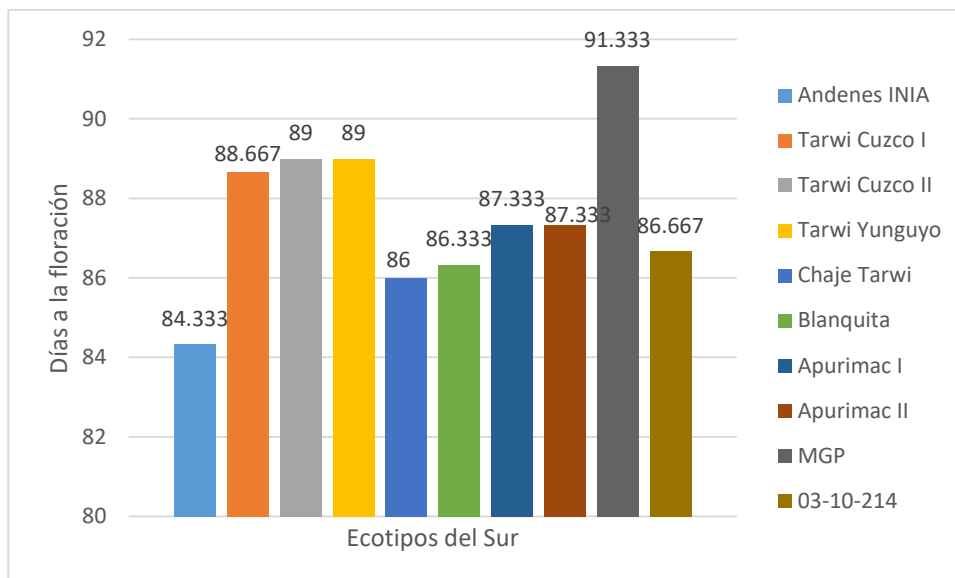


Figura 38: Número de días a la floración de los ecotipos del sur

El número de días a la floración promedio en esta investigación para los ecotipos del centro y el sur fueron de 85.37 y 87.6 días respectivamente, siendo estos más precoces que los obtenidos en un estudio realizado en tarwi por Quenallata (2008), en el cual se sembró tarwi en dos localidades diferentes a una altura entre los 3500 a 5000 msnm, y comparó los días a la floración de tarwi, teniendo como resultados promedios de días a la floración que variaban entre 110.3 y 129.2 días. En comparación Araujo (2015), señaló que en su estudio realizado en las localidades de Huancayo y el Mantaro, los días a la floración variaron de 93.67 a 97.83 días después de la siembra, en su investigación se trabajó con los genotipos Yunguyo y Andenes INIA, que obtuvieron resultados de días a la floración de 97.83 y 96.17 días respectivamente; siendo la altura en la que se realizó la siembra de 3295 m.s.n.m. (Huancayo) y 3316 m.s.n.m. (Mantaro) y mientras se tenían temperaturas en esa campaña que fueron entre los 12 y 13 °C para ambas localidades; estos factores pudieron retrasar el ciclo fenológico del cultivo, ya que como es sabido, altas temperaturas pueden adelantar las fenologías de los cultivos; y es por eso que días a la floración que se tuvieron en el presente proyecto fueron menores, ya que Marcará está a una altitud de 207 m.s.n.m. y presentó temperaturas medias más altas (16°C). En busca de mejorar las características agronómicas de los cultivos, la mayor precocidad en las plantas de tarwi es importante, debido a que se buscan cada vez ecotipos más precoces para así poder evitar que las plantas sufran por el ataque de las heladas, que puede llegar a causar

caída de flores si esta se presenta en la etapa de floración o chupados de vainas si se presenta durante la época de llenado de vainas.

Tabla 36: Análisis de varianza de las características evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del centro conducido en Marcará-Ancash

Fuente de variación	g.l.	Días a la floración	Número vainas por inflorescencia central	Número de inflorescencias laterales	Número de vainas por inflorescencia lateral
Bloques	2	2.70 N.S.	4.27 N.S.	8.18 *	9.59 **
Tratamientos	8	1.79 N.S.	8.72 N.S.	5.35 *	48.09 **
Error	16	3.04	4.77	1.68	1.43
Total	26				
Promedio		85.37	13.46	6.39	8.28
C.V. (%)		2.04	16.24	20.27	14.46

Tabla 37: Cuadro de Duncan de las características evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del centro conducido en Marcará-Ancash

Ecotipo	Días a la floración	Número de vainas por inflorescencia central	Número de inflorescencias laterales	Número de vainas por inflorescencia lateral
Moteado beige	85.00 a	14.10 ab	8.20 a	16.07 a
H6 INIA	85.33 a	14.27 ab	7.87 ab	5.37 cd
Yanamuclo PLGO	86.67 a	11.47 b	6.00 abcd	11.50 b
Yanamuclo 008-1	84.00 a	13.83 ab	7.03 abc	7.17 c
Compuesto Blanco	85.33 a	14.00 ab	7.33 ab	5.90 cd
Cheje Copari	85.33 a	16.20 a	5.60 bcd	6.40 cd
Huancavelica	85.33 a	14.27 ab	4.77 cd	12.20 b
Compuesto A	85.00 a	12.43 ab	4.37 d	4.27 d
Compuesto B	86.33 a	10.53 b	6.30 abcd	5.67 cd
Promedio	85.37	13.46	6.39	8.28

Tabla 38: Análisis de varianza de las características evaluadas de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del sur conducido en Marcará-Ancash

Fuente de variación	g.l.	Días a la floración	Número de vainas por inflorescencia central	Número de inflorescencias laterales	Número de vainas por inflorescencia lateral
Bloques	2	8.10 N.S.	1.73 N.S.	0.18 N.S.	0.45 N.S.
Tratamientos	9	11.62 *	4.92 N.S.	4.46 *	21.55 **
Error	18	3.25	5.45	1.67	2.52
Total	29				
Promedio		87.60	12.06	6.23	5.40
C.V. (%)		2.06	19.56	22.08	26.48

Tabla 39: Cuadro de Duncan de las características de los ecotipos de tarwi o chocho procedentes del sur conducido en Marcará-Ancash

Ecotipo	Días a la floración	Número de vainas por inflorescencia central	Número de inflorescencias laterales	Número de vainas por inflorescencia lateral
03-10-214	86.67 bc	12.40 a	7.56 ab	7.92 a
Tarwi Cuzco I	88.67 ab	13.20 a	5.13 bc	4.33 bc
Apurímac I	87.33 bc	9.33 a	7.63 ab	6.07 b
Tarwi Yunguyo	89.00 ab	13.60 a	6.50 ab	7.37 a
Chaje Tarwi	86.00 bc	11.90 a	5.37 bc	6.20 ab
Tarwi Cuzco II	89.00 ab	13.37 a	7.93 a	4.33 bc
Apurímac II	87.33 bc	11.03 a	5.60 abc	3.80 c
Blanquita	86.33 bc	11.57 a	5.17 bc	4.83 bc
Andenes INIA	84.33 c	11.63 a	5.30 bc	4.90 bc
MGP	91.33 a	13.70 a	6.07 abc	5.07 b
Promedio	87.60	12.06	6.23	5.40

4.3.11. Número de vainas por inflorescencia central

- Ecotipos del centro

El análisis de varianza para esta variable no presenta diferencias significativas para los tratamientos, como es presentado en la tabla 36, es decir el comportamiento de los ecotipos frente a esta variable fue homogénea. El resultado del coeficiente de variación para esta variable es de 16.24%.

El número promedio de vainas por inflorescencia central fue de 13.46 vainas/inflorescencia, y entre los ecotipos esta variable osciló de 10.53 a 16.2 vainas/inflorescencia, como se muestra en la figura 39, para la variable número de vainas/inflorescencia central, se observa que Cheje Copari fue el ecotipo con un mayor número de vainas, presentando 16.2 vainas/inflorescencia central, seguido por los ecotipos H6 INIA y Huancavelica, en comparación el Compuesto B fue el ecotipo que presentó un menor número de vainas, ya que solo obtuvo 10.53 vainas/inflorescencia central.

De acuerdo a la prueba de Duncan al 0.05% de probabilidad estadística, como se observa en la tabla 37, para la variable número de vainas/inflorescencia central, Cheje Copari fue la que superó a los otros ecotipos y no difirió estadísticamente de la mayoría de estos, excepto por Yanamucllo PLGO y el Compuesto B.

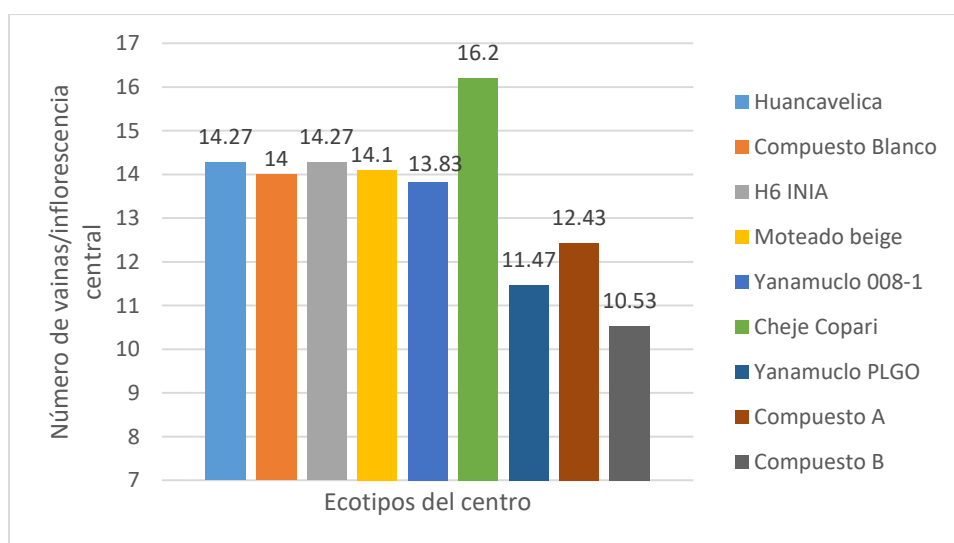


Figura 39: Número de vainas/inflorescencia central de los ecotipos del centro

- Ecotipos del sur

El análisis de varianza para esta variable no presenta diferencias significativas para los tratamientos, como se observa en la tabla 38, es decir el comportamiento de los ecotipos frente a esta variable fue homogénea. El resultado del coeficiente de variación para esta variable es de 19.56%.

El número promedio de vainas por inflorescencia central fue de 12.06 vainas/inflorescencia, y entre los ecotipos esta variable osciló de 9.33 a 13.7 vainas/inflorescencia, como se muestra en la figura 40, para la variable número de vainas/inflorescencia central, se observa que 03-10-214 fue el ecotipo con un mayor número de vainas, presentando 13.7 vainas/inflorescencia central, seguido muy de cerca por el ecotipo tarwi Yunguyo, en comparación Chaje tarwi fue el ecotipo que presentó un menor número de vainas, ya que solo obtuvo 9.33 vainas/inflorescencia central.

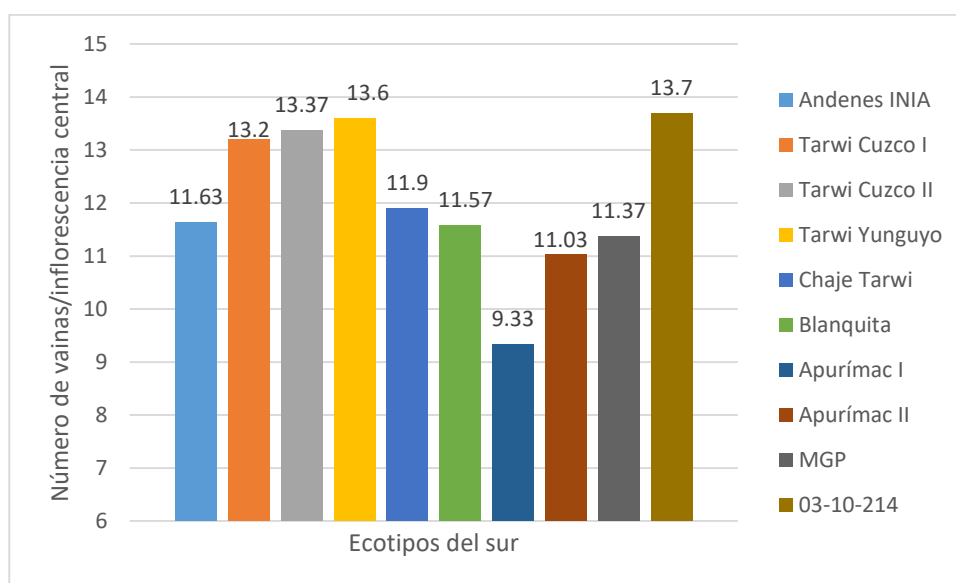


Figura 40: Número de vainas/inflorescencia central de los ecotipos del sur

De acuerdo a la prueba de Duncan al 0.05% de probabilidad estadística, como se observa en la tabla 39, para la variable número de vainas/inflorescencia central, no muestra diferencias estadísticas entre ecotipos, lo que indica un cantidad de vainas/inflorescencia central muy cercana entre estos.

La variable número promedio de vainas/inflorescencia central en esta investigación para los ecotipos del centro y el sur fueron de 13.46 y 12.06 vainas/inflorescencia central respectivamente, ambos valores fueron superiores, en comparación con la registrada por Aguilar (2015), que en su investigación sobre “evaluación de rendimiento y capacidad simbiótica de 11 accesiones de tarwi” tuvo un valor promedio de 6.69 vainas/inflorescencia central. Sin embargo, estos promedios obtenidos en la presente investigación fueron menores a los registrados por Añanguari (2013), que en estudios sobre caracterización morfológica y componentes de rendimiento obtuvo como resultados promedios desde los 19.65 hasta los 23.3 vainas/inflorescencia central para esta variable. Mientras que Araujo (2015) encontró valores promedios que oscilaron desde 19.88 hasta 23.18 vainas/inflorescencia central.

4.3.12. Número de inflorescencias laterales por planta

- Ecotipos del centro

Como se observa en la tabla 36, el análisis de varianza para esta variable presenta diferencias significativas para los tratamientos, estas diferencias pueden ser debido a la respuesta de los ecotipos a las diferentes condiciones medio ambientales o edafológicas del lugar, como por las diferencias genotípicas presente entre los distintos ecotipos. El resultado del coeficiente de variación para esta variable es de 20.27%.

El número promedio de inflorescencias laterales por plantas encontradas en el presente experimento fue de 6.39 inflorescencias laterales/planta, y entre los ecotipos esta variable osciló de 4.37 a 8.20 inflorescencias laterales/planta, como se muestra en la figura 41, para la variable número de inflorescencias laterales por planta, se observa que Moteado beige fue el ecotipo con un mayor número de inflorescencias laterales, presentando 8.20 inflorescencias laterales/planta, siendo seguido de cerca por H6 INIA. Por el contrario, los ecotipos Huancavelica y Compuesto A fueron los que presentaron menor número de inflorescencias

laterales, obteniendo valores de 4.77 y 4.37 inflorescencias laterales/planta respectivamente.

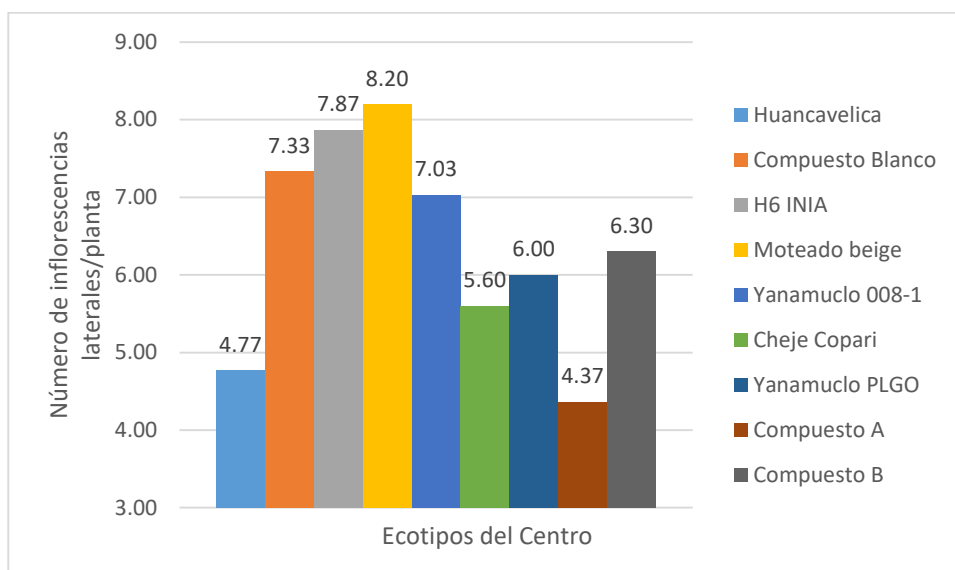


Figura 41: Número de inflorescencias laterales/planta de los ecotipos del centro De acuerdo a la prueba de Duncan al 0.05% de probabilidad estadística, como se observa en la tabla 37, para la variable número de inflorescencias laterales por planta, se muestran diferencias estadísticas entre ecotipos, siendo Moteado beige el que superó estadísticamente al resto, de acuerdo a los datos obtenidos, se registraron 4 grupos diferenciados.

- Ecotipos del sur

Como se observa en la tabla 38, el análisis de varianza presenta diferencias significativas para tratamientos. Esta diferencia entre tratamiento pudo ser dada por las diferentes respuestas que presentan los ecotipos a las diferentes condiciones medio ambientales o edafológicas del lugar en el que se llevó a cabo el experimento, como por las características genéticas presente entre los distintos ecotipos. El resultado del coeficiente de variación para esta variable es de 22.08%.

El número promedio de inflorescencias laterales por plantas encontradas en el presente experimento fue de 6.23 inflorescencias laterales/planta, y entre los ecotipos esta variable osciló de 5.13 a 7.93 inflorescencias laterales/planta, como se muestra en la figura 42, para la variable número de inflorescencias laterales por

planta, se observa que Tarwi Cuzco II fue el ecotipo con un mayor número de inflorescencias laterales, presentando 7.93 inflorescencias laterales/planta, siendo seguido de cerca por los ecotipos Apurímac I y 03-10-214. Por el contrario, los ecotipos Blanquita y Tarwi Cuzco I fueron los que presentaron un menor número de inflorescencias laterales, obteniendo valores de 5.17 y 5.13 inflorescencias laterales/planta respectivamente.

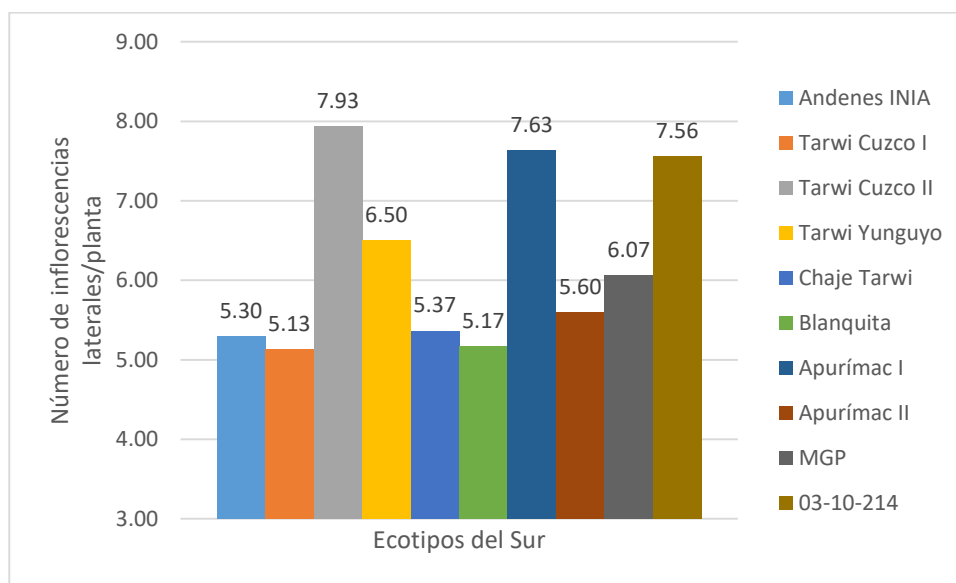


Figura 42: Número de inflorescencias laterales/planta de los ecotipos del sur

De acuerdo a la prueba de Duncan al 0.05% de probabilidad estadística, como se observa en la tabla 39, para la variable número de inflorescencias laterales por planta, se muestran diferencias estadísticas entre ecotipos, siendo Tarwi Cuzco II el que superó estadísticamente al resto, de acuerdo a los datos obtenidos, se registraron 3 grupos diferenciados.

4.3.13. Número de vainas por inflorescencia lateral

- Ecotipos del centro

Como se observa en la tabla 36, el análisis de varianza para esta variable presenta diferencias estadísticas muy significativas entre los tratamientos, esta diferencia está dada por la variación genética presente en cada ecotipo, como a la respuesta

de estos a las diferentes condiciones medio ambientales o edafológicas del lugar. El resultado del coeficiente de variación para esta variable es de 14.46%.

El número promedio de vainas por inflorescencia lateral encontradas en el presente experimento fue de 8.28 vainas/inflorescencia lateral, y entre los ecotipos esta variable osciló de 4.27 a 16.07 vainas/inflorescencia lateral, como se muestra en la figura 43, para la variable número de vainas por inflorescencia lateral, Moteado beige fue el ecotipo con un mayor número de vainas por inflorescencia lateral, presentando 16.07 vainas/inflorescencia lateral, siendo seguido por Huancavelica. Por el contrario, los ecotipos H6 INIA y Compuesto A fueron los que presentaron un menor número de vainas por inflorescencia lateral, obteniendo valores de 5.37 y 4.27 vainas/inflorescencia lateral respectivamente.

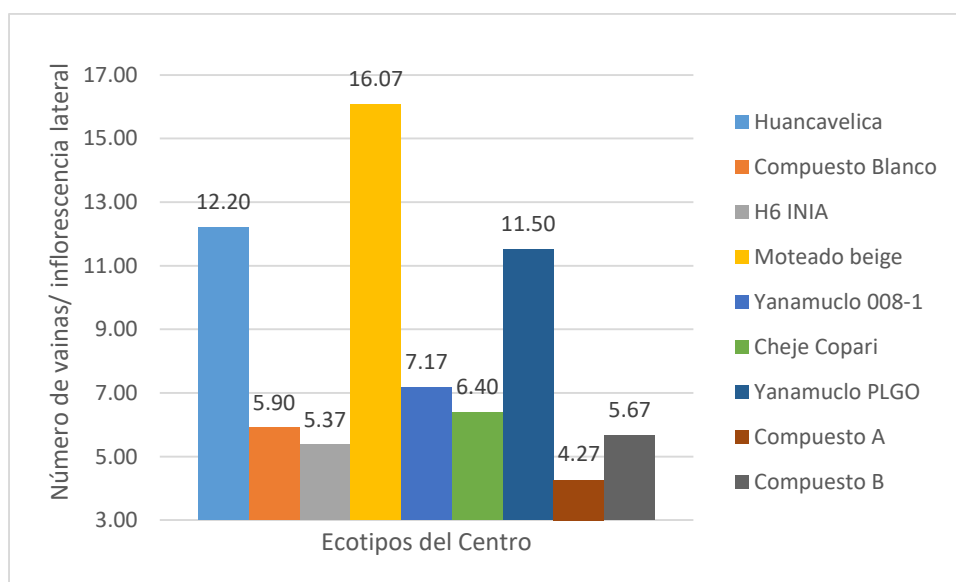


Figura 43: Número de vainas/inflorescencia lateral de los ecotipos del centro

De acuerdo a la prueba de Duncan al 0.05% de probabilidad estadística, como se observa en la tabla 37, para la variable número de vainas por inflorescencia lateral, se muestran diferencias estadísticas entre ecotipos, siendo Moteado beige el que superó estadísticamente al resto, de acuerdo a los datos obtenidos, se registraron 4 grupos diferenciados.

- Ecotipos del sur

Como se observa en la tabla 38, el análisis de varianza para esta variable presenta diferencias estadísticas muy significativas para los tratamientos, esta diferencia está dada por la variación genética presente en cada ecotipo, como a la respuesta de estos a las diferentes condiciones medio ambientales o edafológicas del lugar. El resultado del coeficiente de variación para esta variable es de 26.47%.

El número promedio de vainas por inflorescencia lateral encontradas en el presente experimento fue de 5.40 vainas/inflorescencia lateral, y entre los ecotipos esta variable osciló de 3.80 a 7.92 vainas/inflorescencia lateral, como se muestra en la figura 44, para la variable número de vainas por inflorescencia lateral, se observa que 03-10-214 fue el ecotipo con mayor número de vainas, presentando 7.92 vainas/ inflorescencia lateral, siendo seguido de cerca por Tarwi Yunguyo. Por el contrario, el ecotipo Apurímac II fue el que presentó un menor número de vainas, obteniendo un valor de 3.80 vainas/inflorescencia lateral.

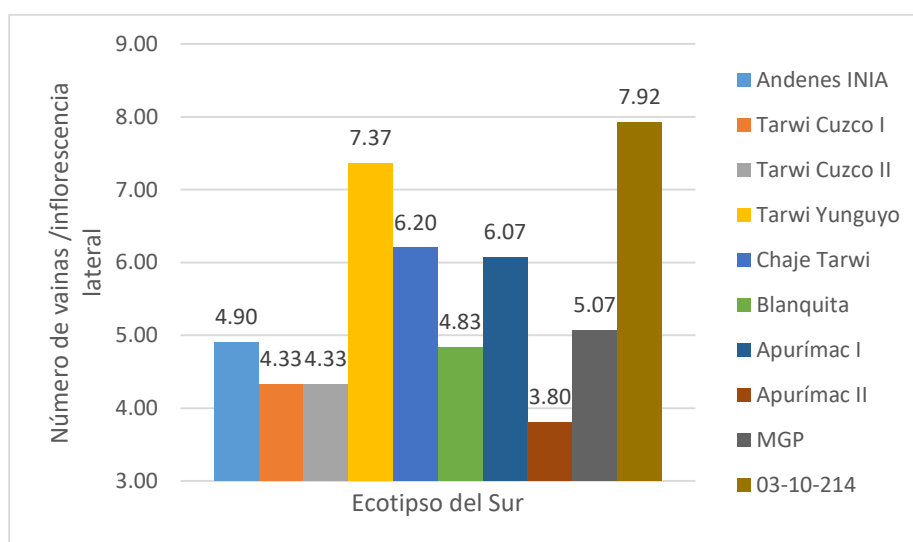


Figura 44: Número de vainas/inflorescencia lateral de los ecotipos del sur

De acuerdo a la prueba de Duncan al 0.05% de probabilidad estadística, como se observa en la tabla 39, para la variable número de vainas por inflorescencia lateral, se encontraron diferencias estadísticas entre ecotipos, siendo 03-10-214 el que superó estadísticamente al resto, de acuerdo a los datos obtenidos, entre los ecotipos evaluados se registraron 3 grupos diferenciados.

V. CONCLUSIONES

En base al estudio realizado, se concluye que:

1. En la caracterización morfológica, todos los ecotipos de tarwi estudiados presentaron plantas con tipo de crecimiento arbustivo, formación de tallo no prominente, tallos ramificados, sin pubescencia y de color de verde, con folíolos de forma elíptica y de coloración verde. Las variables evaluadas en la cual se encontraron diferencias entre los ecotipos fueron en el porte de planta, en las intensidades de color de los tallos y hojas, color e intensidad de color del botón floral antes de la floración, color de las quillas recién abiertas y color de las semillas.
2. Los ecotipos con granos coloreados presentaron mayores rendimientos de granos.
3. Moteado beige fue el ecotipo que presentó caracteres más favorables para los componentes de rendimiento, al poseer un mayores valores en las variables peso de 100 semillas, número de granos por vainas, número de lóculos por vainas, longitud d vainas, número de vainas por inflorescencias laterales y número de inflorescencias centrales.
4. Un mayor número de ecotipos del centro fueron los que alcanzaron mejores rendimientos que los ecotipos del sur. Los ecotipos seleccionados con mejores rendimientos para las condiciones de Marcará son: Moteado beige, H6 INIA, Yanamucllo PLGO, Yanamucllo 008-1, Compuesto blanco, 03-10-214 y Tarwi Cuzco I.
5. Es factible sembrar tarwi en altitudes de 2700 msnm y en época de otoño bajo riego por gravedad y las plantas de tarwi son menos expuestas a la menor incidencia de enfermedades y mayores incidencias de plagas.

VI. RECOMENDACIONES

- 1.** Realizar investigaciones con siembras en épocas normales para evaluar la estabilidad de los rendimientos de los ecotipos.
- 2.** Investigar con diferentes densidades de siembras, para establecer densidades adecuadas que permitan mejorar los rendimientos.
- 3.** Obtener semillas mejoradas de los ecotipos que presentaron mayores rendimientos.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar, L. 2015. Evaluación del rendimiento de grano y capacidad simbiótica de once accesiones de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) bajo condiciones de Otuzco-La Libertad. Tesis para optar el título de Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. pp. 8-47.
2. Aliaga, A.; Quijada, J. 2013. Evaluación de las características orgnolépticas del extracto de tarwi (*Lupinus mutabilis*) semidulce, con adición de oca (*Oxalis tuberosa*) amarilla. Tesis para optar el título de Ing. Agroindustrial. Universidad Nacional del Centro del Perú. Junín, Perú. pp. 37.
3. Andrades, M. 2014. Fertilidad del suelo y parámetros que la definen. Universidad de Rioja. Tercera Edición. España. pp. 19-20.
4. Añanguari, E. 2013. Caracterización morfológica y componentes de rendimiento de compuestos avanzados de tarwi (*Lupinus mutabilis* S.) en dos localidades del Valle del Mantaro. Mantaro-Perú. Tesis para optar el título de Ing. Agrónomo. Universidad Nacional del Centro del Perú. Mantaro, Perú. pp. 9-88.
5. Araujo, R. 2015. Parcelas de comparación de compuestos de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en dos localidades del valle del Mantaro. Tesis para optar el título de Ing. Agrónomo. Universidad Nacional del Centro del Perú. Mantaro, Perú. pp. 8-64.
6. Callisaya, I. 2012. Comportamiento agronómico del cultivo de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) bajo dos métodos y tres densidades de siembra en la localidad de Carabuco. Tesis para optar el título de Ing. Agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. pp. 7-54.
7. Camarena, M. F., Huaranga, J. A., Jimenez, D. J. y Mostacero, N. E. 2012. Revalorización de un cultivo subutilizado: Chocho o tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet). Primera Edición. Universidad Nacional Agraria La Molina – Consejo

- Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica. CONCYTEC. pp. 11-104.
8. Chirinos-Arias, M. 2015. Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) una planta con potencial nutritivo y medicinal. Revista Bio Ciencias. 3(3). Lima, Perú. pp. 163-172. Consultado el 11 de Junio del 2018. Disponible en: <http://revistabiociencias.uan.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/139/195>
 9. FAO. 2017. FAOSTAT CROPS STATISTICS. Consultado el 25 de Marzo del 2018. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
 10. Gálvez, L., Genovese, M.I. and Lajolo, F.M. 2009. Isoflavones and antioxidant capacity of Peruvian and Brazilian lupin cultivars. Journal of Food Composition and Analysis 22: 397-404. Consultado el 3 de Julio del 2018. Disponible en: <http://www.producao.usp.br/handle/BDPI/19494>
 11. Huaranga, A. 2016. Caracterización fenotípica preliminar de 14 ecotipos de tarwi provenientes de Puno, Cuzco y La Libertad y evaluación preliminar de la capacidad simbiótica de cepas nativas de los ecotipos de tarwi. Simposio Regional del Chocho *Lupinus mutabilis*. Quito, Ecuador. pp. 36.
 12. Huaranga, A. y Aguilar, A. 2017. Comportamiento del rendimiento de grano y la capacidad simbiótica de once accesiones de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en Otuzco – Región La Libertad. VI Congreso Mundial Quinoa. III Simposio Internacional de Granos Andinos. Perú. pp. 19.
 13. Huaranga, A., Chico, W., Villanueva, C., Caycho, N. y Chura, J. 2017. Interacción genotipo x ambiente en *Lupinus sp.*: respuesta de ecotipos de tarwi y variedades en Junín y Ancash. VI Congreso Mundial Quinoa. III Simposio Internacional de Granos Andinos. Perú. pp. 18-29.
 14. Huaranga, A. 2017. Curso de Leguminosas de granos. UNALM. Lima, Perú.

15. Huaranga, A. 2018. Mejoramiento de la sustentabilidad del cultivo de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en Marcará, provincia de Carhuaz, Ancash. Tesis de Doctorado en agricultura sustentable. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. pp. 6.
16. International board for plant genetic resources. 1981. Lupin Descriptors. Consultado el 28 de Abril del 2018. Disponible en:
https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/bioversity/publications/Web_version/103/ch1.htm
17. INEI. 2017. Compendio agrario estadístico del Perú.
18. INIAP. 2014. Manual agrícola de granos andinos: chocho, quinua, amaranto y ataco, Cultivos, variedades y costos de producción. Manual No 69. 4ta Edic. Quito, Ecuador. pp. 19.
19. Jacobsen, S. y Mujica, A. 2006. El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) y sus parientes silvestres. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. pp. 2-5. Consultado el 13 de Mayo del 2018. Disponible en:
<http://www.beisa.dk/Publications/BEISA%20Book%20pdfer/Capitulo%2028.pdf>
20. Jarrín, P. 2003. Tratamiento del agua de desamargado del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet), proveniente de la planta piloto de la estación Santa Catalina INIAP. Tesis para optar el título de Doctor en Bioquímica y Farmacia. Riobamba-Ecuador. Escuela Superior Politecnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. Riobamba, Ecuador. pp. 62-96.
21. Ministerio de Agricultura (MINAGRI). 2006-2017. Anuario Agrícola. Lima, Perú.
22. Narbona, E., Buide, L., Casimiro-Soriguer, I. del Valle, J. 2014. Polimorfismos de color floral: causas e implicaciones evolutivas. Revista Ecosistemas 23 (3). España. pp. 36-47.

23. Osorio, N. 2012. pH de suelo y disponibilidad de nutrientes. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. pp. 4.
24. Parody B. 2014. La biotecnología y las plantas ornamentales. INTA-CONICET. Argentina. pp. 3. Consultado el 9 de Abril del 2018.
Disponible en:
http://www.argenbio.org/adc/uploads/imagenes_doc/planta_stransgenicas/ornamental.pdf
25. Plata, J. 2016. Comportamiento agronómico de dos variedades de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet), bajo tres densidades de siembra en la comunidad Marka Hilata Carabuco. Tesis para optar el título de Ing. Agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. pp. 13-52.
26. Quispe, D. 2015. Composición nutricional de diez genotipos de lupino (*L. mutabilis* y *L. albus*) desamargados por proceso acuoso. Tesis para optar el título de Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. pp. 14-31.
27. Quenallata, J. 2008. Evaluación de variedades agronómicas de cinco ecotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en dos comunidades del Municipio de Ancoraimes. Tesis para optar el título de Ing. Agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. pp. 8-62.
28. Rodríguez, A. 2009. Evaluación “in vitro” de la actividad antibacteriana de los alcaloides del agua de desamargado del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet). Tesis para optar el título de Bioquímico Farmacéutico. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. pp. 9.
29. Salvatierra, J. 2014. Efecto de diferentes niveles de adición de harina de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en las características organolépticas del dulce de

- leche. Tesis para optar el título profesional de Ing. Agroindustrial. Universidad Nacional de Huancavelica. Acobamba, Perú. pp. 39.
- 30.** Senamhi. 2017. Datos históricos meteorológicos del Perú. Consultado el 15 de Mayo del 2018.
Disponible en: <http://www.senamhi.gob.pe/?p=data-historica>
- 31.** Tapia, M. 1997. Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. FAO. Santiago, Chile. pp. 70.
- 32.** Tapia, M. E. y Fries A. M. 2007. Guía de campo de los cultivos andinos. FAO, ANPE. Lima, Perú. pp. 96-102.
- 33.** Tapia, M. 2015. El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet), lupino andino. Fondo Italo Peruano. Primera Edición. Perú. pp. 12.
- 34.** Tapia, M. 2016. El estado de arte en el Perú sobre Chocho, tarwi o tauri (*Lupinus mutabilis* Sweet). ANPE, UNALM, UGC. Lima, Perú. pp. 11. Consultado el 3 de Abril del 2018.
Disponible en: http://siatma.org/sitios/biblioteca/uploads/2._Mario_Tapia_.pdf
- 35.** Tavera, G. 1985. Criterios para la interpretación y aprovechamiento de los reportes de laboratorio para las áreas de asistencia técnica. Publicación 3. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Delegación La Laguna. Coahuila, México.
- 36.** Toctaquiza, M. y Boero, N. 2012. Yogurt a partir del grano desamargado de chocho. Tesis para optar el título de Ing. Químico. Universidad de Guayaquil. Ecuador. pp. 10.
- 37.** Villacrés, E., Rubio, A. Egas L. y Segovia, G. 2006. Usos alternativos del chocho: Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) alimento andino redescubierto. Boletín divulgativo No 333. INIAP, EESC. Quito, Ecuador. pp. 4.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Superficie sembrada de tarwi en el Perú del año 2005 hasta el 2017 en hectáreas

DEPARTAMENTOS	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
La Libertad	2763	2275	2375	2527	3351	3235	3062	3228	3423	3540	3815	3248	3472
Cajamarca	280	366	404	440	477	545	267	306	169	246	309	463	404
Amazonas	241	125	98	137	177	114	79	104	118	96	119	120	110
Áncash	763	455	615	718	838	787	806	480	717	561	524	643	160
Huánuco	452	443	441	450	453	527	556	519	509	578	1018	1073	959
Junín	-	-	-	2	16	19	32	53	68	92	183	397	438
Huancavelica	267	278	35	181	289	429	744	551	513	344	356	436	395
Ayacucho	67	53	40	24	114	119	497	485	468	430	369	279	189
Apurímac	352	301	366	265	391	307	490	563	509	507	481	787	877
Cusco	2208	1923	1882	1905	1845	1809	1958	1914	1909	1704	1660	2331	2552
Pasco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	18	3
Puno	1333	1321	1334	1398	1382	1471	1477	1506	1404	1359	1345	1321	1017
TOTAL	8726	7540	7590	8047	9333	9362	9968	9709	9807	9457	10190	11 115	10 628

Fuente: MINAGRI (2006-2017)

Anexo 2: Superficie cosechada de tarwi en el Perú del año 2005 hasta el 2017 en hectáreas

DEPARTAMENTOS	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
La Libertad	2803	2275	2378	2527	3351	3235	3055	3228	3423	3540	3815	3248	3472
Cajamarca	280	366	404	440	477	467	340	324	226	246	309	463	359
Amazonas	241	122	98	137	164	116	80	84	124	91	119	120	97
Áncash	752	467	615	718	838	787	806	480	717	561	524	643	160
Huánuco	452	437	406	459	450	527	554	519	454	633	1018	1073	959
Junín	-	-	-	2	16	19	32	53	68	92	183	397	438
Huancavelica	234	234	35	181	289	421	716	547	470	353	356	436	217
Ayacucho	67	53	40	24	114	112	284	438	457	430	369	279	185
Apurímac	349	273	316	260	374	317	486	557	505	458	481	787	810
Cusco	2202	1923	1850	1902	1848	1832	1921	1931	1778	1774	1660	2331	2557
Pasco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	18	3
Puno	1333	1319	1334	1398	1381	1471	1477	1497	1404	1359	1345	1321	1070
TOTAL	8713	7469	7476	8048	9302	9304	9751	9658	9626	9537	10190	11 115	10 326

Fuente: MINAGRI (2006-2017)

Anexo 3: Producción de tarwi en el Perú del año 2005 hasta el 2017 en hectáreas

DEPARTAMENTOS	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
La Libertad	3357	2664	2755	2527	3820	3765	3501	3893	4192	4656	4959	4107	4681
Cajamarca	250	320	355	440	383	394	301	280	230	240	371	420	315
Amazonas	124	67	56	137	98	70	51	50	75	52	71	75	64
Áncash	790	473	660	718	827	798	826	492	726	561	524	642	159
Huánuco	507	514	494	459	549	667	671	640	548	736	1119	1011	1079
Junín	-	-	-	2	14	18	27	55	93	125	256	523	562
Huancavelica	279	256	35	181	352	549	924	733	685	516	570	631	387
Ayacucho	79	61	39	24	139	114	326	669	677	670	590	360	219
Apurímac	315	269	301	260	468	387	736	833	867	705	914	1463	1807
Cusco	2105	1968	2087	1902	1921	1890	2063	2191	2199	2210	2158	3048	3057
Pasco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.2	46	8
Puno	1674	1650	1679	1398	1680	1871	1880	1910	1749	1685	1749	1693	1445
TOTAL	9 480	8 243	8 496	8 048	10 256	10 521	11 306	11 746	12 042	12 156	13 148	14 019	13 783

Fuente: MINAGRI (2006-2017)

Anexo 4: Rendimiento promedio de tarwi en el Perú del año 2005 hasta el 2017 en kilogramos por hectárea

DEPARTAMENTOS	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
La Libertad	1198	1171	1159	1121	1140	1164	1146	1206	1225	1300	1300	1235	1348
Cajamarca	892	874	878	857	802	843	886	864	1019	1000	1200	912	877
Amazonas	892	553	575	604	601	607	641	594	601	600	600	600	657
Áncash	515	1013	1072	1050	987	1013	1025	1025	1013	1000	1000	970	995
Huánuco	1051	1176	1217	1254	1219	1265	1212	1233	1208	1200	1100	935	1126
Junín	-	-	-	1400	881	932	844	1038	1374	1400	1400	1358	1282
Huancavelica	1122	1094	1000	980	1219	1303	1291	1340	1460	1500	1600	1488	1783
Ayacucho	1192	1151	975	1000	1219	1018	1148	1527	1481	1600	1200	1248	1184
Apurímac	1179	988	951	967	1252	1223	1514	1498	1718	1500	1900	1843	2232
Cusco	956	1024	1128	971	1039	1031	1074	1134	1237	1200	1300	1300	1196
Pasco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1200	2604	2800
Puno	1256	1251	1259	1205	1217	1272	1273	1276	1246	1200	1300	1261	1350
PROMEDIO	1 025.30	1 029.50	1 021.40	1 037.18	1 052.36	1 061.00	1 095.82	1 157.73	1 234.73	1 227.27	1 258.33	1 312.83	1 335

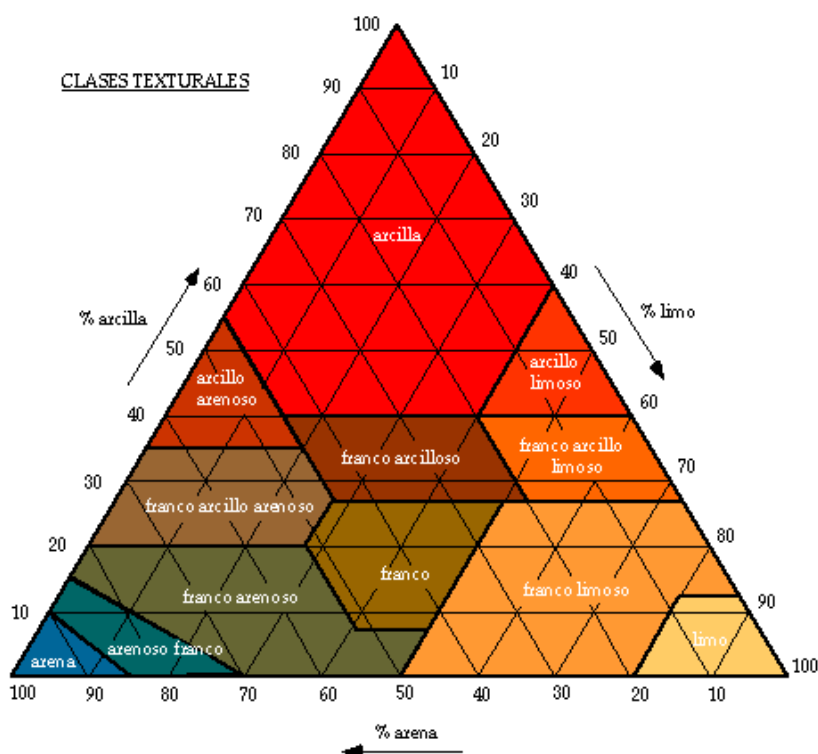
Fuente: MINAGRI (2006-2017)

Anexo 5: Precio de chacra del tarwi en el Perú del año 2005 hasta el 2017 en soles por kilogramo

DEPARTAMENTOS	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	20117
La Libertad	1.46	1.43	1.6	2.51	3.4	3.1	2.72	2.81	3.96	5.167	3.74	3.33	3.18
Cajamarca	2.39	1.44	1.55	1.66	3.06	2.44	2.45	4.03	3.06	5.51	5.82	5.33	4.54
Amazonas	1.21	1.25	1.34	1.79	1.51	1.86	2.12	2.59	2.58	2.68	2.64	2.78	3.19
Áncash	1.52	1.59	1.97	2.3	3.25	3.76	3.66	3.89	4.21	5.03	4.23	3.99	4.35
Huánuco	1.16	1.2	1.4	1.57	2.35	2.73	3.07	3.07	3.3	3.81	4.12	3.59	3.53
Junín	-	-	-	0.65	1.49	1.61	2.27	2.82	2.55	2.37	3.89	3.35	3.28
Huancavelica	1.18	0.98	1.4	1.9	2.57	2.42	2.55	3.11	3.4	3.39	3.07	2.79	2.79
Ayacucho	0.92	1.13	1.27	1.37	1.93	2.46	2.49	2.5	2.55	2.87	3.05	3.91	3.33
Apurímac	0.85	1.23	1.33	1.47	1.79	2.06	1.88	1.93	2.35	3.15	3.18	3.04	3.29
Cusco	1.07	1.08	1.22	1.53	1.91	2.07	2.56	2.66	3.12	3.43	3.57	3.89	3.89
Pasco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.2	2.11	2.40
Puno	1.04	1.05	1.07	1.3	1.97	2.17	2.54	2.82	2.82	3.03	3.46	4.23	3.38
TOTAL	1.28	1.24	1.42	1.64	2.29	2.43	2.57	2.93	3.08	3.68	3.75	3.62	3.44

Fuente: MINAGRI (2006-2017)

Anexo 6: Triángulo textural del USDA



Anexo 7: Interpretación del pH del suelo (agua, 1:1)

pH	Categoría	Interpretación
<5.0	Extremadamente ácido	Severa toxicidad por Al y quizá por Mn; Alta probabilidad de deficiencia de P, S, Mo y bases intercambiables; se esperan altos niveles de algunos micronutrientes. Muchos cultivos requieren encalamiento.
5.0-5.5	Fuertemente ácido	Toxicidad moderada por Al y Mn; deficiencia de P, S, Mo y bases; altos niveles de algunos micronutrientes. Muchos cultivos requieren encalamiento.
5.6-6.0	Moderadamente ácido	No se espera la toxicidad por Al; mayor disponibilidad de P, S, Mo y bases. Algunos cultivos susceptibles a la acidez del suelo requieren encalamiento.
6.1-6.5	Ligeramente ácido	Adecuada condición para la disponibilidad de nutrientes para la planta.
6.6-7.3	Neutro	Altos niveles de Ca, Mg. Algunos cultivos pueden mostrar deficiencias de micronutrientes. La disponibilidad de P puede ser baja.
7.4-8.0	Alcalino	Baja disponibilidad de P y micronutrientes. Altos niveles de Ca, Mg. El Na puede ser un problema.
>8.0	Muy alcalino	Severas limitaciones en la disponibilidad de algunos nutrientes. El nivel de Na puede ser tóxico.

Fuente: Osorio (2012)

Anexo 8: Tabla de los tipos de salinidad de suelos y sus efectos sobre las plantas de cultivo

Clase de salinidad del suelo	EC (dS/m)	Efecto sobre las plantas cultivadas
No salino	0 - 2	No se producen efectos por la salinidad.
Ligeramente salino	2 - 4	Los rendimientos de las plantas sensibles pueden ser restringidas.
Moderadamente salino	4 - 8	Los rendimientos de muchos cultivos son restringidos.
Fuertemente salino	8 - 16	Solamente cultivos tolerantes rinden satisfactoriamente.
Muy fuertemente salino	>16	Solamente unos pocos cultivos muy tolerantes rinden satisfactoriamente.

Fuente: Elaboración propia

Anexo 9: Clasificación del suelo según su contenido de materia orgánica (%)

Clase	MO (%)
Muy pobre	<1
Pobre	1 – 2
Medio	2 – 3
Rico	3 – 5
Muy rico	>6

Fuente: Tavera (1985)

Anexo 10: Nivel de materia orgánica según (%) el tipo de textura del suelo, para suelos con cultivo en regadío

Arenoso	Franco	Arcilloso	Clasificación
<0.7	<1.0	<1.2	Muy bajo
0.7 - 1.2	1.0 - 1.5	1.2 -1.7	Bajo
1.2 - 1.7	1.5 - 2.5	1.7 - 2.2	Normal
1.7- 2.2	2.0 - 2.5	2.2 - 3.0	Alto
>2.2	>2.5	>3.0	Muy Alto

Fuente: Andrades (2014)

Anexo 11: Nivel de fósforo (método de Olsen) (ppm) según la textura del suelo

	Clasificación		
	Bajo	Normal	Alto
Secano			
Arenoso	<8	9 - 12	>13
Franco	<12	13 - 18	>19
Arcilloso	<15	16 - 24	>25
Regadío			
Arenoso	<12	13 - 18	>19
Franco	<15	16 - 25	>26
Arcilloso	<20	21 - 30	>31

Fuente: Andrades (2014)

Anexo 12: Nivel de potasio (método acetato) (ppm) según la textura del suelo

	Clasificación		
	Bajo	Normal	Bajo
Secano			
Arenoso	<95	96 - 135	>136
Franco	<125	126 - 195	>196
Arcilloso	<155	156 - 255	>256
Regadío			
Arenoso	<135	136 - 215	>216
Franco	<155	156 - 295	>296
Arcilloso	<175	176 - 330	>331

Fuente: Andrades (2014)

Anexo 13: Croquis experimental

MAÍZ

ECOTIPOS DEL CENTRO

T3	T4	T6	T5	T9	T2	T7	T1	T8
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

T5	T8	T2	T9	T1	T6	T3	T7	T4
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

T4	T7	T1	T6	T2	T9	T5	T8	T3
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

MAÍZ

ECOTIPOS DEL SUR

T10	T4	T5	T1	T7	T6	T9	T8	T2	T3
------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

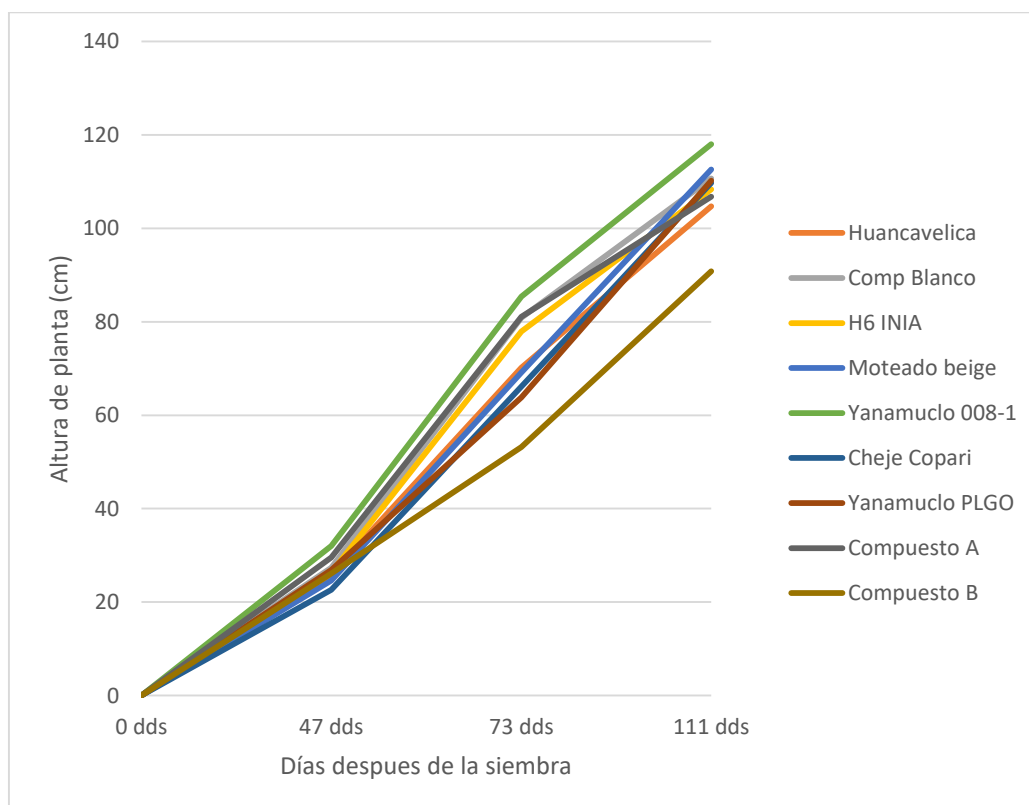
T9	T7	T6	T1	T8	T4	T3	T10	T5	T2
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------

T10	T4	T9	T5	T7	T1	T6	T2	T8	T3
------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Anexo 14: Tabla de altura de plantas de los ecotipos del centro

Ecotipo	47 dds	73 dds	111 dds
Huancavelica	25.94	70.17	104.733
Compuesto Blanco	27.38	80.88	110.667
H6 INIA	26.35	77.9	108.367
Moteado beige	24.63	69.16	112.6
Yanamuclo 008-1	31.99	85.4	117.993
Cheje Copari	22.62	66.17	109.7
Yanamuclo PLGO	26.84	63.84	110.2
Compuesto A	29.55	81.07	106.8
Compuesto B	26.1	53.17	90.8

Anexo 15: Gráfica de altura de planta en función del tiempo de los ecotipos del centro



Anexo 16: Tabla de altura de plantas de los ecotipos del sur

Ecotipo	47 dds	73 dds	111 dds
Andenes INIA	27.58	72.7	88.67
Tarwi Cuzco I	22.99	54.1	97.97
Tarwi Cuzco II	21.19	59.24	86.8
Tarwi Yunguyo	23.07	71.4	106.23
Chaje Tarwi	19.87	60.31	91.17
Blanquita	23.35	62.67	94.67
Apurímac I	31.91	71.33	116.7
Apurímac II	26.24	55.9	103.67
MGP	26.32	70.55	84.9
03-10-214	20.44	62.4	79.07

Anexo 17: Gráfica de altura de planta en función del tiempo de los ecotipos del sur

