

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA Y FISIOLÓGICA DE
LAS SEMILLAS DE TRES VARIEDADES Y TRES ECOTIPOS DE
CAÑIHUA (*Chenopodium canihua* Cook) EN PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

JUAN MARCOS CHURA HUANACUNI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

MENCIÓN: FITOTECNIA

PUNO – PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA Y FISIOLÓGICA DE LAS SEMILLAS

DE TRES VARIEDADES Y TRES ECOTIPOS DE CAÑIHUA (*Chenopodium
canihua* Cook) EN PUNO

TESIS

PRESENTADA POR:

JUAN MARCOS CHURA HUANACUNI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE

:

.....
D. Sc. Rafael VELÁSQUEZ HUALLPA

PRIMER MIEMBRO

:

.....
D. Sc. Evaristo MAMANI MAMANI

SEGUNDO MIEMBRO

:

.....
Ing. Mario Ángel SOLANO LARICO

DIRECTOR / ASESOR

:

.....
M. Sc. Francis MIRANDA CHOQUE

Área : Ciencias Agrícolas

Tema : Manejo Agronómico de Cultivos

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 13 DE AGOSTO DEL 2019



DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a Dios como ser supremo y creador nuestro y de todo lo que nos rodea, quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mis padres, Rubén Chura Huanacuni y Victoria Huanacuni Contreras, por darme su apoyo total y no permitir que yo renunciara a esta carrera, incitándome a seguir sin importar las adversidades que se me presentaron.

A mis hermanos Luzmila, David y Beatriz, quienes me apoyaron en todo momento para cumplir este objetivo que tanto anhelaba.

A mi pareja Yessenia por el apoyo incondicional y comprensión durante este proceso; y a mi hijo Jhosep razón de mi vida para seguir siempre adelante.

Juan Marcos

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme fortaleza constante y ser mi guía.

Al Programa Nacional de Becas y Crédito Educativo (PRONABEC), por darme la oportunidad ser parte de ello y por haber apoyado económicamente durante mi formación profesional en la universidad.

A la Universidad Nacional del Altiplano, por haberme permitido ser parte de la gente que se ha formado y en ella a la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica por haberme formado profesionalmente.

A mis padres, Rubén Chura Huanacuni y Victoria Huanacuni Contreras, por darme su apoyo total y no permitir que yo renunciara a esta carrera, incitándome a seguir sin importar las adversidades que se me presentaron.

A mis hermanos Luzmila, David y Beatriz, quienes me apoyaron en todo momento para cumplir este objetivo que tanto anhelaba.

A mi pareja Yessenia por el apoyo incondicional y comprensión durante este proceso; y a mi hijo Jhosep razón de mi vida para seguir siempre adelante.

A los miembros de jurado D. Sc. Rafael Velásquez Huallpa, D. Sc. Evaristo Mamani Mamani, Ing. Mario Ángel Solano Larico.

A mi asesor de tesis Ing. M. Sc. Francis Miranda Choque, por su dedicación, sus conocimientos, sus orientaciones, su manera de trabajar, su persistencia, su paciencia y motivación han sido fundamentales para mi formación como investigador. A su manera, ha sido capaz de ganarse mi lealtad y admiración.

Al Ing. M. Sc. Saturnino Marca Vilca por darme la idea de realizar el trabajo de investigación.

A Ulises mi amigo, quien en todo momento me dio los ánimos para seguir adelante.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	14
ABSTRACT.....	15
I. INTRODUCCIÓN.....	16
1.1. OBJETIVOS	17
1.1.1. Objetivo general.....	17
1.1.2. Objetivos específicos	17
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	18
2.1. IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE CAÑIHUA.....	18
2.2. ORIGEN E HISTORIA.....	19
2.3. POSICIÓN TAXONÓMICA	19
2.4. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA	20
2.4.1. Raíz	21
2.4.2. Tallo	21
2.4.3. Hoja.....	22
2.4.4. Inflorescencia.....	23
2.4.5. Fruto.....	24
2.4.6. Semilla	24
2.5. FASES FENOLÓGICAS	25
2.5.1. Emergencia de la planta	25
2.5.2. Dos hojas verdaderas	25
2.5.3. Ramificación	25
2.5.4. Formación de inflorescencias	25
2.5.5. Floración	25
2.5.6. Grano lechoso	25
2.5.7. Grano pastoso	25
2.5.8. Madurez fisiológica	26
2.6. VARIEDADES BOTÁNICAS	26
2.6.1. <i>Chenopodium canihua</i> Cook var. saiwa o saigua	26
2.6.2. <i>Chenopodium canihua</i> Cook var. lasta	26
2.6.3. <i>Chenopodium canihua</i> Cook var. pampa lasta.....	26
2.7. ASPECTOS AGRONÓMICOS	26
2.7.1. Requerimientos de clima	26

2.7.2.	Condiciones y preparación del suelo	27
2.7.3.	Abonamiento y fertilización	27
2.7.4.	Siembra	28
2.7.5.	Aporque y deshierbo	28
2.7.6.	Plagas y enfermedades	28
2.7.7.	Cosecha	29
2.7.8.	Post cosecha	29
2.7.9.	Rendimiento	30
2.8.	VALOR NUTRICIONAL	30
2.9.	DIVERSIDAD GENÉTICA	31
2.10.	ORIGEN Y PROCEDENCIA DE LAS VARIEDADES	32
2.11.	DESCRIPCIÓN DE LAS VARIEDADES	32
2.12.	SEMILLA	35
2.13.	MUESTREO	38
2.13.1.	Pureza física	39
2.13.2.	Germinación	39
2.13.3.	Vigor	39
2.14.	CALIDAD DE LA SEMILLA	40
2.14.1.	Calidad física de la semilla	40
2.14.2.	Calidad fisiológica de la semilla	40
2.14.3.	Calidad sanitaria de la semilla	40
2.14.4.	Calidad genética de la semilla	40
2.15.	PLÁNTULAS	41
2.15.1.	Plántulas normales	41
2.15.2.	Plántulas anormales	41
2.15.3.	Semillas no germinadas	41
2.16.	DEFINICIONES DE TAXONES VEGETALES SUB ORDINADAS EN LA ESPECIE	42
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	43
3.1.	ETAPAS DEL ESTUDIO	43
3.1.1.	Etapa de laboratorio	43
3.1.2.	Etapa de campo	43
3.2.	DURACIÓN DE EJECUCIÓN DEL EXPERIMENTO	43
3.3.	HISTORIAL DEL ÁREA EXPERIMENTAL	44
3.4.	CONDICIONES METEOROLÓGICAS	44
3.5.	CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS	45

3.6.	ETAPA DE LABORATORIO	46
3.6.1.	Material biológico	46
3.6.2.	Materiales de laboratorio	46
3.6.3.	Metodología de trabajo en laboratorio	47
3.6.4.	Evaluación de la pureza física de la semilla	47
3.6.5.	Análisis de tamaño de la semilla.....	47
3.6.6.	Peso de 1000 semillas	47
3.6.7.	Porcentaje de germinación	47
3.6.8.	Valor cultural	48
3.6.9.	Energía germinativa	48
3.7.	ETAPA DE CAMPO	49
3.7.1.	Material biológico de campo	49
3.7.2.	Materiales de campo y de gabinete.....	49
3.7.3.	Tratamientos en estudio	50
3.7.4.	Diseño experimental y prueba estadística.....	50
3.7.5.	Características del campo experimental	51
3.8.	METODOLOGÍA EN CAMPO.....	52
3.8.1.	Prueba de vigor en campo.....	52
3.8.2.	Preparación del terreno	52
3.8.3.	Siembra	52
3.8.4.	Selección de plantas en emergencia.....	53
3.8.5.	Escarda.....	54
3.8.6.	Identificación y control de plagas y enfermedades.....	54
3.8.7.	Seguimiento de plantas seleccionadas	54
3.8.8.	Cosecha.....	55
3.8.9.	Post cosecha.....	55
3.9.	MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DE VARIABLES DE RESPUESTA	55
3.9.1.	Tasa de crecimiento	55
3.9.2.	Altura de planta.....	55
3.9.3.	Número de ramas por planta.....	55
3.9.4.	Peso de granos por planta	55
3.9.5.	Peso de biomasa.....	55
3.9.6.	Índice de cosecha (IC)	55
3.10.	OBSERVACIONES	56
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	57

4.1.	FASE DE LABORATORIO	57
4.1.1.	Pureza física (%).....	57
4.1.2.	Peso de 1000 semillas	58
4.1.3.	Tamaño de la semilla	59
4.1.4.	Porcentaje de germinación.....	60
4.1.5.	Valor cultural	61
4.1.6.	Energía germinativa.....	62
4.2.	FASE DE CAMPO	63
4.2.1.	Tasa de crecimiento (cm/día).....	63
4.2.2.	Altura de planta (cm)	67
4.2.3.	Número de ramas por planta	71
4.2.4.	Peso de biomasa por planta (g).....	73
4.2.5.	Índice de cosecha	77
4.2.6.	Peso de semillas por planta (g)	79
4.2.7.	Rendimiento.....	82
V.	CONCLUSIONES.....	83
VI.	RECOMENDACIONES.....	84
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
	ANEXOS	89

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Hábitos de crecimiento de la cañihua (Apaza 2010).....	20
Figura 2. Raíz pivotante (Apaza 2010).....	21
Figura 3. Tallo hueco (Apaza 2010).....	22
Figura 4. Hojas tribuladas con oxalatos de calcio (Apaza 2010).....	23
Figura 5. Cimas de cañihua cubiertas por hojas terminales que protegen a la planta de bajas temperaturas (Apaza 2010).....	24
Figura 6. Granos de cañihua (Apaza 2010).....	24
Figura 7. Variación de la temperatura durante el ciclo del cultivo.....	44
Figura 8. Variación de la precipitación durante el ciclo del cultivo.....	45
Figura 9. Resultados del peso de 1000 semillas.....	58
Figura 10. Longitud de la semilla de cañihua var. cupi.....	59
Figura 11. Vista superior de la semilla de cañihua.....	59
Figura 12. Comparación de la tasa de crecimiento de plantas con tres tipos de vigor ..	66
Figura 13. Curva de Crecimiento de la Cañihua.....	67
Figura 14. Curva de crecimiento de plantas de Cañihua con tres tipos de vigor.....	70
Figura 15. Comparación de promedios de altura de plantas de tres tipos de vigor.....	71
Figura 16. Comparación de número de ramas a plantas de tres tipos de vigor.....	73
Figura 17. Comparación de promedios de peso de biomasa entre plantas de tres tipos de vigor.....	77
Figura 18. Comparación de promedios de índice de cosecha de plantas de tres tipos de Vigor.....	79
Figura 19. Comparación del peso de granos para plantas con tres tipos de Vigor.....	81
Figura 20. Evaluación de la pureza física 08/08/2018.....	93
Figura 21. Evaluación del porcentaje de germinación 09/08/2018.....	93
Figura 22. Evaluación del porcentaje de germinación 11/0/2018.....	94
Figura 23. Evaluación del porcentaje de germinación 13/08/2018.....	94
Figura 24. Evaluación de peso de 1000 semillas 20/08/2018.....	94
Figura 25. Preparación del terreno experimental en la C. Mullacañi 02/10/2018.....	95
Figura 26. Delimitación del área experimental en la C. Mullacañi 20/10/2018.....	95
Figura 27. Apertura de surcos en la C. Mullacañi 20/10/2018.....	95
Figura 28. Siembra de cañihua a chorro continuo en la C. Mullacañi 20/10/2018.....	96
Figura 29. Anillos para selección de plantas de Alto, Mediano y Bajo Vigor 28/10/2019.....	96
Figura 30. Selección de plantas de alto vigor, mediano vigor y bajo vigor en emergencia 28/10/2018.....	96
Figura 31. Estado fenológico inicio de ramificación 15/11/2018.....	97
Figura 32. Terminando el estado fenológico de ramificación 03/12/2018.....	97
Figura 33. Estado fenológico inicio de floración 23/12/2018.....	98
Figura 34. Evaluación de altura de planta 03/01/2019.....	98
Figura 35. Plantas en estado fenológico floración 15/01/2019.....	98
Figura 36. Estado fenológico grano lechoso 17/01/2019.....	99

Figura 37. Aporque y deshierbo 20/01/2019	99
Figura 38. Estado fenológico grano pastoso 16/02/2019.....	99
Figura 39. Madurez fisiológica 15/03/2019.....	100
Figura 40. Cosecha de plantas de cañihua 06/04/2019	100
Figura 41. Plagas (pulgón) en la C. Mullacañi 06/04/2019	100
Figura 44. Análisis de fertilidad del suelo	101

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Distribución de la cañihua en la región Puno	32
Tabla 2. Resultados del análisis del suelo del campo experimental	46
Tabla 3. Tratamientos en estudio y procedencia.....	50
Tabla 4. Diseño experimental para la etapa de Laboratorio	50
Tabla 5. Diseño Experimental para la fase de campo.....	51
Tabla 6. Cantidad de semilla de cada tratamiento por parcela.	53
Tabla 7. Porcentaje de pureza física de semilla de cañihua de seis tratamientos en estudio.....	57
Tabla 8. Análisis de Varianza para el porcentaje de germinación en condiciones de laboratorio.....	60
Tabla 9. Comparación de promedios de Tukey ($P < 0.05$) de porcentaje de germinación en condiciones de laboratorio	61
Tabla 10. Análisis de varianza para valor cultural de la semilla	61
Tabla 11. Prueba de comparación de promedios de Tukey ($P < 0.05$) de valor cultural de la semilla	62
Tabla 12. Análisis de varianza para energía germinativa de la semilla.....	62
Tabla 13. Prueba de comparación de promedios de Tukey ($P < 0.05$) para energía germinativa de las semillas	63
Tabla 14. Análisis de Varianza para la tasa de crecimiento de plantas de cañihua con Alto Vigor.....	64
Tabla 15. Comparación de promedios de Tukey ($P < 0.05$) para tasa de crecimiento para plantas de Alto Vigor.....	64
Tabla 16. Análisis de Varianza para tasa de Crecimiento de plantas de Cañihua con Mediano Vigor.....	65
Tabla 17. Análisis de Varianza para Velocidad de Crecimiento de plantas de Cañihua con Bajo Vigor.....	66
Tabla 18. Análisis de Varianza para altura de plantas de cañihua con Alto Vigor.....	67
Tabla 19. Comparación de Promedios de Tukey ($P < 0.05$) para Altura de Planta con Alto Vigor.....	68
Tabla 20. Análisis de Varianza para altura de plantas con Mediano Vigor.....	68
Tabla 21. Análisis de Varianza para altura de planta de plantas con Bajo Vigor.....	69
Tabla 22. Análisis de Varianza de Numero de ramas por planta con Alto Vigor.....	71
Tabla 23. Análisis de Varianza de Numero de Ramas por Planta con Mediano Vigor. 72	72
Tabla 24. Comparación de promedios de Tukey ($P < 0.05$) para número de ramas de plantas de mediano Vigor	72
Tabla 25. Análisis de Varianza de Numero de Ramas por Planta para plantas con Bajo Vigor	73
Tabla 26. Análisis de Varianza para peso de Biomasa de plantas con Alto Vigor.....	74
Tabla 27. Comparación de Promedios de Tukey ($p < 0.05$) para peso de Biomasa por planta con Alto Vigor	74

Tabla 28. Análisis de Varianza para peso de biomasa por planta de plantas con Mediano Vigor	75
Tabla 29. Comparación de Promedios de Tukey ($P < 0.05$) para peso de biomasa por planta con Mediano Vigor	75
Tabla 30. Análisis de Varianza para peso de biomasa por planta de plantas con Bajo Vigor	76
Tabla 31. Comparación de Promedios de Tukey ($P < 0.05$) para peso de Biomasa por planta de plantas con Bajo Vigor	76
Tabla 32. Análisis de Varianza para índice de Cosecha de plantas de Alto Vigor.....	77
Tabla 33. Comparación de promedios de Tukey ($P < 0.05$) índice de cosecha para plantas de Alto Vigor.....	78
Tabla 34. Análisis de Varianza para índice de cosecha para plantas de Mediano Vigor	78
Tabla 35. Análisis de Varianza para índice de cosecha para plantas con Bajo Vigor ...	79
Tabla 36. Análisis de Varianza para peso de semillas para plantas de Alto Vigor.....	80
Tabla 37. Análisis de Varianza para peso de semillas para plantas de Mediano Vigor	80
Tabla 38. Análisis de Varianza para peso de semillas por planta de plantas de Bajo Vigor	81
Tabla 39. Análisis de varianza para rendimiento (tn/ha)	82
Tabla 40. Comparación de promedios de Tukey ($P < 0.05$) para rendimiento	82
Tabla 41. Valores de pureza en seis cultivares de cañihua	89
Tabla 42. Porcentaje de germinación de seis cultivares de cañihua	89
Tabla 43. Tasa de crecimiento en 6 cultivares de cañihua.....	90
Tabla 44. Altura de planta de 6 cultivares de cañihua	90
Tabla 45. Numero de ramas de 6 cultivares de cañihua	91
Tabla 46. Peso de biomasa de 6 cultivares de cañihua	91
Tabla 47. Índice de cosecha de 6 cultivares de cañihua	92
Tabla 48. Peso de granos por planta de 6 cultivares de cañihua.....	92

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ISTA = International Seed Testing Association

RAS = Reglas de Análisis de Semillas

LAS = Laboratorio de Análisis de Semillas

SENAMHI = Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

INIA = Instituto Nacional de Innovación Agraria

AV = Alto Vigor

MV = Mediano Vigor

VB = Bajo Vigor

ANVA = Análisis de Varianza

CV = Coeficiente de Variabilidad

F. V. = Fuente de Variabilidad

G. L. = Grados de Libertad

S. C. = Suma de Cuadrados

C. M. = Cuadrado Medio

F_c = F calculada

F_t = F tabular

Sig. = Significancia

***** = Es Significativo

****** = Altamente Significativo

ns = no significativo

var = variedad

RESUMEN

La cañihua (*Chenopodium canihua* Cook), es un grano andino reconocido por su alto valor nutricional en nuestra región y el mundo. El trabajo de investigación se realizó en dos etapas: La primera fue en el Laboratorio de Análisis de Semillas de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNA-Puno, y la segunda etapa fue a nivel de campo, en la comunidad campesina de Mullacañi distrito de Pilcuyo, provincia El Collao – Puno. El objetivo principal fue: Evaluar la calidad física y fisiológica de las semillas de cañihua de tres variedades procedentes del INIA-Puno y tres ecotipos procedentes del distrito de Kelluyo, provincia de Chucuito de la región Puno. Los objetivos específicos fueron: Evaluar la calidad física de acuerdo a los siguientes parámetros evaluados en laboratorio; pureza, peso de 1000 semillas, tamaño de la semilla, valor cultural y energía germinativa; y evaluar la calidad fisiológica de acuerdo a los siguientes parámetros evaluados a nivel de campo: % de germinación (laboratorio), tasa de crecimiento, altura de planta, número de ramas por planta, peso de biomasa, índice de cosecha, peso de semillas por planta y rendimiento. Para el análisis estadístico de los datos de laboratorio se utilizó el diseño completamente al azar y para los datos de campo se usó el diseño bloque completamente al azar. Los resultados indican que en cuanto a la calidad física, el más alto valor de pureza corresponde a la variedad cupi con 99.4%, y el menor al ecotipo rosado de Kelluyo con 88.3%. El mayor peso de 1000 semillas, corresponde a la variedad cupi con 0.92 g y el menor peso al ecotipo rosado de Kelluyo con 0.60 g; el diámetro de la semilla oscila de 1.0 mm a 1.5 mm. El más alto porcentaje del valor cultural corresponde a la variedad cupi con 94.7%, y el menor porcentaje corresponde al ecotipo rojo de Kelluyo con 43.4%. El más alto porcentaje de energía germinativa corresponde a la variedad Illpa INIA 406 con 94.7% considerándose bueno por ser mayor a 67%, y el más bajo valor corresponde al ecotipo rojo de Kelluyo con 41.2% considerándose malo por revelar un valor menor a 67 %. En cuanto a la calidad fisiológica de las semillas de cañihua, el mayor porcentaje de germinación corresponde a la variedad Illpa INIA 406 con 95.7% y el menor porcentaje corresponde al ecotipo rosado de Kelluyo con 47.2%. La mayor tasa de crecimiento, fue en plantas de alto vigor que corresponde a la variedad cupi con 0.35 cm/día de crecimiento; en cambio, en las plantas de mediano y bajo vigor la tasa de crecimiento es indiferente oscila de 0.22 a 0.15 cm/día respectivamente. La mayor altura se encuentra en plantas de alto vigor, resaltando la variedad cupi con 57,70 cm/planta, en contraste a ello la menor altura fue en el ecotipo rosado con 42.44 cm/Planta; sin embargo, en plantas de mediano y bajo vigor la altura es no significativo con un promedio de 25.59 cm/planta. En relación al número de ramas, las plantas de alto vigor alcanzaron hasta 10.5 ramas/planta, las de mediano vigor fue 9 ramas/planta y las de bajo vigor fue 5 ramas/planta, destacando la variedad la var ramis. El mayor peso de biomasa fue en la variedad cupi con 263.0; 131.1 y 60.7 g que corresponden a las plantas de alto, mediano y bajo vigor respectivamente. El índice de cosecha, fue casi similar en todas las plantas con un promedio de 0.2, el peso de semillas por planta, en las de alto vigor fue de 31.6 g, en las de mediano vigor fue de 17.4 g y en las de bajo vigor fue de 7.95 g. En cuanto al rendimiento la var cupi ocupa el primer lugar con 2.15 tn/ha, mientras el ecotipo amarillo ocupa el último lugar con 1.7 tn/ha.

Palabras Clave: Cañihua, semilla, calidad física, calidad fisiológica.

ABSTRACT

The Cañihua (*Chenopodium canihua* Cook), is an Andean grain recognized for its high nutritional value and for the role it plays in the food security of our Puno region. The research work was carried out in two stages: The first was in the Seed Analysis Laboratory of the Faculty of Agricultural Sciences of the UNA-Puno, and the second stage was at the field level, in the rural community of Mullacañi district of Pilcuyo, province of El Collao - Puno. The main objective was: To evaluate the physical and physiological quality of the seeds of cañihua from three varieties from INIA-Puno and three ecotypes from the Kelluyo district, Chucuito province of the Puno region. The specific objectives were: To evaluate the physical quality according to the following parameters evaluated in the laboratory; purity, weight of 1000 seeds, seed size; and evaluate the physiological quality according to the following parameters evaluated at field level: growth rate, plant height, number of branches per plant, biomass weight, crop index, seed weight per plant and yield. For the statistical analysis of the laboratory data the completely randomized design was used and for the field data the completely randomized block design was used. The results indicate that in terms of physical quality, the highest purity value corresponds to the cupi variety with 99.4%, and the lowest value corresponds to the Kelluyo pink ecotype with 88.3%. The highest weight of 1000 seeds, corresponds to the cupi variety with 0.92 g and the lowest weight corresponds to the pink ecotype of Kelluyo with 0.60 g; The diameter of the seed ranges from 1.0 mm to 1.5 mm. The highest percentage of cultural value corresponds to the cupi variety with 94.7%, and the lowest percentage corresponds to the red Kelluyo ecotype with 43.4%. The highest percentage of germinative energy corresponds to the Illpa INIA 406 variety with 94.7% considered good because it is greater than 67%, and the lowest value corresponds to Kelluyo's red ecotype with 41.2% considered bad for revealing a value less than 67%. Regarding the physiological quality of hemp seeds, the highest germination percentage corresponds to the Illpa INIA 406 variety with 95.7% and the lowest percentage corresponds to the Kelluyo pink ecotype with 47.2%. The highest growth rate was in high vigor plants corresponding to the cupi variety with 0.35 cm / day of growth; on the other hand, in the medium and low vigor plants the growth rate is indifferent ranges from 0.22 to 0.15 cm / day respectively. The highest height is in high vigor plants, highlighting the cupi variety with 57.70 cm / plant, in contrast to this the lowest height was in the pink ecotype with 42.44 cm / Plant; However, in medium and low vigor plants the height is not significant with an average of 25.59 cm / plant. In relation to the number of branches, the plants of high vigor reached up to 10.5 branches / plant, those of medium vigor was 9 branches / plant and those of low vigor were 5 branches / plant, highlighting the variety var ramis. The greatest weight of biomass was in the cupi variety with 263.0; 131.1 and 60.7 g corresponding to high, medium and low vigor plants respectively. The harvest index was almost similar in all plants with an average of 0.2, the weight of seeds per plant, in those of high vigor was 31.6 g, in those of medium vigor was 17.4 g and in those of low vigor was of 7.95 g. Regarding the yield, the var cupi occupies the first place with 2.15 tn / ha, while the yellow ecotype occupies the last place with 1.7 tn / ha.

Keywords: Cañihua, seed, physical quality, physiological quality.

I. INTRODUCCIÓN

La Cañihua (*Chenopodium canihua* Cook), es un cultivo originario del altiplano entre Perú y Bolivia, por la mayor superficie cultivada y la diversidad de ecotipos de esta especie, fue domesticada por pobladores de la cultura Tiahuanaco, en la meseta del Collao (Soto, 2009). Como cualquier otro cultivo agrícola, para el establecimiento adecuado, es necesario, contar con semillas de calidad, con buena capacidad de germinación y con alto vigor que garantice la emergencia uniforme de plántulas en condiciones de campo definitivo. Aunque la cañihua es considerada como un cultivo rústico y tolerante a factores adversos del clima y del suelo, su producción puede verse afectada indirectamente por los componentes bióticos o abióticos en las etapas tan vulnerables como es la emergencia de plántulas. Razón por la cual, es necesario contar con semillas vigorosas y viables que aseguren el desarrollo de la planta sobre todo en las condiciones de secano, tal como se maneja en el altiplano peruano.

El manejo entre el periodo de la cosecha, post cosecha y almacenamiento de las semillas es un factor importante en la viabilidad de las semillas. También los factores influyentes en este proceso es la humedad relativa, por su relación directa con el contenido de agua en las semillas; así como la temperatura que influye en la velocidad de los procesos bioquímicos, por estar relacionados con el deterioro de la semilla botánica. Si bien, la cañihua presenta un comportamiento ortodoxo, las semillas que permanecen viables después de una desecación de hasta 8 a 10% de humedad, puede perder la viabilidad en muy poco tiempo en condiciones de mayor temperatura y humedad. De esta forma las técnicas de conservación requieren ser estudiadas para alcanzar la mínima actividad fisiológica a fin de prolongar la vida de las semillas en el máximo tiempo de almacenamiento.

Considerando su alto valor nutritivo con 18% de proteína, 157 mg de calcio, 210 mg de magnesio, 25 a 45 mg de hierro, muy superior a la quinua, kiwicha y otros granos, (Romani y Anchapuri, 2011), además los granos carecen de saponina por lo que se puede utilizar sin tener que pasar por otros procesos después de la trilla (Velásquez, 2018), entonces, resulta importante y de interés evaluar el comportamiento de los ecotipos de cañihua provenientes de los productores de la zona sur de la región Puno, comparando con las líneas comerciales. En consecuencia, es preciso evaluar la calidad de la semilla

de cañihua, para conocer su comportamiento y generar información técnica que pueda ser transmitida tanto a productores como a instituciones y la comunidad científica.

Este trabajo de investigación, busca evaluar la calidad física y fisiológica de las semillas bajo condiciones determinadas por los agricultores e investigar las posibles causas que generan problemas en el establecimiento del cultivo por la baja germinación en la zona de Kelluyo en el departamento de Puno, ya que se perciben bajos rendimientos que resultan con altos costos de producción, situación que ha llevado a los agricultores de la zona a considerar el cambio del cultivo de cañihua por el cultivo de avena o cebada, o dejar de cultivar. Por estas consideraciones los objetivos del presente trabajo son:

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

- Evaluar la calidad física y fisiológica de la semilla de cañihua (*Chenopodium canihua* Cook) de tres variedades y tres ecotipos, en laboratorio y campo.

1.1.2. Objetivos específicos

- Evaluar la calidad física de las semillas de cañihua (*Chenopodium canihua* Cook) correspondiente a la pureza física, peso de mil semillas, tamaño de la semilla, valor cultural y energía germinativa en tres variedades, procedentes del Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA y tres ecotipos locales procedentes del distrito Kelluyo, provincia de Chucuito de la región de Puno.
- Evaluar la calidad fisiológica de la cañihua (*Chenopodium canihua* Cook) correspondiente al % de germinación y vigor (Alto, Mediano y Bajo), también tasa de crecimiento, altura de planta, peso de biomasa, índice de cosecha, peso de semillas por planta y rendimiento en tres variedades procedentes del Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA y tres ecotipos locales del distrito Kelluyo, provincia de Chucuito de la región de Puno.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE CAÑIHUA

Según Apaza *et al*, (2002), manifiestan que, la cañihua presenta múltiples cualidades, por su gran capacidad de adaptación a las zonas agroecológicas difíciles del Altiplano Peruano - Boliviano, por su alto valor nutritivo contenido en sus granos y por presentar amplia variabilidad genética, constituyéndose de esa manera en uno de los cultivos potenciales para garantizar la seguridad alimentaria tanto en cantidad, calidad y oportunidad para la población que está en constante crecimiento; razones por las cuales ha despertado en la actualidad gran interés por los científicos y profesionales en nutrición, salud, ciencias agrarias, ciencias biológicas, agroindustriales, agricultores, empresarios a nivel nacional e internacional.

Según Valdivia, (2002), afirma que, la Cañihua (*Chenopodium canihua* Cook) es una especie andina que durante cientos de años ha sido de gran relevancia para la alimentación de los pobladores andinos. Actualmente está retomando auge, en la alimentación humana por la calidad de su proteína y un mejor compuesto químico que los cereales comunes. Además de componentes nutricionales como calcio y magnesio, la cañihua puede ser fuente importante de componentes funcionales o nutraceuticos como fibra dietaria y compuestos fenolicos, pero los pocos estudios no permiten el conocimiento del real potencial de esta especie para su aprovechamiento en la industria alimentaria.

Ruiz (2003), menciona que, la cañihua se cultiva en las zonas altas de Arequipa, Cusco y el altiplano de Puno, a altitudes de 3812 a 4100 msnm. A pesar de ser del altiplano Perú - Bolivia el centro de origen de esta especie, no se cuenta con variedades comerciales que satisfagan las expectativas de los agricultores y la agroindustria y es producida con la aplicación de criterios y tecnología tradicional, las mismas que se traducen en bajos rendimientos generando así niveles mínimos de ingresos económicos a los agricultores dedicados al cultivo de cañihua.

Soto (2009) menciona que, en el Perú, la mayor concentración de producción de cañihua se encuentra en el altiplano de la Región Puno, principalmente en las provincias de Melgar (Distritos: Llalli, Macarí, Ayaviri, Nuñoa), Azángaro, Huancané, San Román, Puno (Distrito: Acora) y Chucuito (Distritos: Pomata y Kelluyo); En menor escala, se produce en zonas altas de Arequipa y Cusco.

De ahí surge la necesidad de investigar sobre la calidad de la semilla de cañihua que utilizan los productores en diversas zonas en la región Puno, así determinar y demostrar las cualidades que puede poseer una semilla de alta calidad.

2.2. ORIGEN E HISTORIA

Mujica *et al*, (2002), mencionan que, la cañihua es originaria de los Andes del sur del Perú y Bolivia; la hoya del lago Titicaca entre el Perú y Bolivia, se considera como el sub centro de origen, habiéndose encontrado una mayor variabilidad genética en la zona de Cupi – Macari en la provincia de Melgar, región de Puno, Perú; otro sub-centro de origen se considera a la zona de Cochabamba, Bolivia.

La Cañihua es una planta nativa de la altiplanicie andina, originaria de los andes del sur del Perú y parte de Bolivia, la cual fue domesticada por los pobladores de la cultura Tiahuanaco, asentados en la meseta del Collao. La destacada presencia de parientes silvestres en las inmediaciones del lago Titicaca, indican que el lugar de origen de esta Chenopodiacea es el Altiplano Peruano-Boliviano (Ministerio de Agricultura, 2010).

También Soto (2009), menciona que la cañihua se distribuye en las regiones semiáridas más altas de los andes centrales en Perú y Bolivia, y es considerada como una especie olvidada y sub utilizada. Tiene en Puno una superficie aproximadamente de 4500 há en producción, distribuidas mayoritariamente en las zonas suni y puna húmeda, en altitudes por encima de los 3860 m.s.n.m.

Mamani y Callohuanca, (2006) mencionan que, históricamente no existen evidencias arqueológicas relacionadas con la cañihua, de manera que no se puede saber desde que tiempo data su cultivo. Sin embargo, el hecho de que las plantas pierden gran parte del grano por dehiscencia, hace pensar que su proceso de domesticación aún no está concluido. Por otro lado, la mención más antigua sobre el uso de la cañihua es de Diego Cabeza; su descripción y Relación de la ciudad de la Paz data de 1586. Al aumentar los recursos de la región, menciona “las semillas con la que los indios se han sustentado y se sustentan son; maíz, papas, chuños, Oca, quinua y cañihua.

2.3. POSICIÓN TAXONÓMICA

La cañihua (*Chenopodium canihua* Cook) presenta la siguiente posición taxonómica, según el sistema de clasificación filogenético establecido por A. Engler citado por Solano (2017), y de acuerdo al Código Internacional de Nomenclatura Botánica, donde rigen 6 principios, el cuarto principio menciona que debe de considerarse a los nombres técnicos

o científicos los primeros descritos, razón por la cual se considera el nombre técnico de la cañihua como: (*Chenopodium canihua* Cook) mas no (*Chenopodium pallidicaule* Aellen).

Reino : Vegetal

Sub reino : Phanerogamae

Clase : Dicotyledoneae

Subclase : Archychlamydeae

Orden : Centrospermales

Familia : Chenopodiaceae

Género : *Chenopodium*

Especie : *Chenopodium canihua* Cook

2.4. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Según Apaza (2010), señala que, la cañihua es una planta herbácea, ramificada desde la base, altura desde 50 a 60 cm, periodo vegetativo entre 140 y 150 días. El color de la planta (tallos y hojas) cambia según el ecotipo en la fase fenológica del grano patoso; de verde a: anaranjado, amarillo claro, rosado claro, rosado oscuro, rojo y púrpura.

La planta de cañihua tiene tres tipos de crecimiento “saiwa” de tallos erguidos; “lasta” de tallos semierguidos y “pampa lasta” de tallos tendidos solo sus extremos son erguidos.



Figura 1. Hábitos de crecimiento de la cañihua (Apaza 2010)

2.4.1. Raíz

Flores, (2006), menciona que, la cañihua posee una raíz principalmente pivotante que llega a alcanzar normalmente profundidades de 15 a 30 centímetros llegando a sobre pasar las dimensiones cuando la humedad del suelo es favorable; mientras, los diámetros de las raicillas laterales son muy delgadas y pequeñas, así mismo, la raíz principal es muy pronunciada formada a partir de la radícula de la semilla adaptadas para obtener agua y nutrientes, sus sistemas ramificantes que a menudo son más complejos que las partes aéreas de la misma planta, tienen una forma más o menos cónica con una coloración ligeramente blanquecina o crema.



Figura 2. Raíz pivotante (Apaza 2010)

2.4.2. Tallo

Flores (2006) menciona que, el tallo es de forma cilíndrica, estriado, hueco, nudoso y de color variable; adquiere un color verde cuando está en estado tierno hasta amarillo, rojo y púrpura al madurar la planta, ramoso en la parte superior; la especie se denominó pallidicaule por el color amarillo del tallo.

También Apaza (2010), menciona que, el tallo es hueco, estriado y ramificado desde la base de la planta con ramas secundarias, el número de ramas varía de 11 a 16 según el ecotipo, se cuenta desde la base hasta el segundo tercio de la planta, en madurez fisiológica.

El color del tallo en madurez fisiológica varía de acuerdo al ecotipo: amarillo claro, verde amarillento, verde agua, verde claro, verde oscuro, crema suave, crema oscuro, anaranjado, rojo, café claro, café oscuro, púrpura pálido, púrpura oscuro. Los tallos

contienen vesículas con cristales de oxalato de calcio higroscópicos que controlan la excesiva transpiración en condiciones muy secas.



Figura 3. Tallo hueco (Apaza 2010)

2.4.3. Hoja

Flores (2006) define que, las hojas de esta especie son alternas y dimorfas en las ramas, las hojas terminales son sésiles, angostas, ovadas y de láminas gruesas; mientras, las hojas centrales y basales son pecioladas de ápice obtuso, trinervadas, trilobadas con tres a cinco dientes densamente cubiertas por pelos vesiculosos que le dan la apariencia de verde ceniciento en su estado juvenil; al alcanzar la madurez fisiológica se tornan de colores amarillo, morado, rosado y anaranjado debido a los pigmentos de antocianina, betacianina y xantofilas que adquieren los diversos ecotipos.

Apaza (2010) menciona que, la planta de cañihua tiene hojas tribuladas, alternas con pecíolos cortos de 10 a 12mm, la forma de la lámina foliar es romboidal, triangular, ancha ovada, mide 3,0 a 3,5 cm de largo y 2,5 a 2,8 cm de ancho, con borde entero o dentado. Las hojas presentan tres nervaduras bien marcadas en el envés, que se unen en la inserción del pecíolo. Las hojas contienen vesículas con cristales de oxalato de calcio higroscópicos que controlan la excesiva transpiración en condiciones muy secas.



Figura 4. Hojas tribuladas con oxalatos de calcio (Apaza 2010)

2.4.4. Inflorescencia

Según Flores, (2006) manifiesta que, la inflorescencia de esta especie se presentan en cimas unilaterales y axilares de las ramas ocultas por el follaje; las inflorescencias albergan tres clases de flores que son: Hermafroditas, femeninas y andro - estériles distribuidas en forma irregular en toda la inflorescencia y solamente la flor hermafrodita presenta tres estambres que está presente en la parte apical de la inflorescencia, cada inflorescencia contiene en promedio 20 flores de las cuales 80% son flores que tienen estambres.

De igual manera, Apaza, (2010), explica que, las inflorescencias son glomérulos inconspicuos, cimosas axilares o terminales, cubiertas por hojas terminales que las protegen de las temperaturas bajas, la flor es de tipo basipeta, hermafroditas, androceo formado por 1-3 estambres con diferente longitud del filamento estaminal, gineceo con ovario súpero unilocular.



Figura 5. Cimas de cañihua cubiertas por hojas terminales que protegen a la planta de bajas temperaturas (Apaza 2010)

2.4.5. Fruto

Velásquez (2018), manifiesta, que es un aquenio, más pequeño que el de la quinua y está cubierto por el perigonio de color gris. El pericarpio es traslucido y fino.

Asimismo Tapia y Frías, (2007), explican que, el fruto está cubierto por el perigonio de color generalmente gris, el pericarpio es muy fino y traslucido. La semilla es muy pequeña de 1 a 1.2 mm y de color castaño claro, oscuro o negro con el epispermo muy fino.



Figura 6. Granos de cañihua (Apaza 2010)

2.4.6. Semilla

Velásquez, (2018), describe que, la semilla es de forma lenticular de 0.5 a 1.0 mm de diámetro y de color castaño o negro, con el epispermo fino, con ausencia de saponina.

Según Apaza *et al* (2002), señalan que las semillas, no presentan dormancia y pueden germinar sobre la propia planta al tener humedad suficiente.

2.5. FASES FENOLÓGICAS

A continuación, se menciona las fases fenológicas descritas según Mujica *et al* (2002):

2.5.1. Emergencia de la planta

Es la aparición de los cotiledones sobre la superficie del suelo y se observa antes que las axilas se alarguen, esta fase es muy susceptible al ataque de plagas.

2.5.2. Dos hojas verdaderas

En esta fase se inicia el crecimiento de la planta, es decir, son las primeras hojas verdaderas que realizan la fotosíntesis o fabricación de alimentos para el crecimiento y desarrollo de la planta, y se debe observar cuando las dos hojas verdaderas tengan una longitud de 0.5 cm.

2.5.3. Ramificación

Llamado también enramado, se inicia el desarrollo de las ramas secundarias, las cuales aparecen en la base de la planta en forma opuesta. Se registra a la longitud de 5 cm. desde la axila basal de la hoja. En esta fase se inicia el desarrollo vegetativo de las ramas laterales lo que permitirá observar los ecotipos con bastante follaje para su uso como recurso forrajero.

2.5.4. Formación de inflorescencias

Fase en la que se observa la aparición de las primeras inflorescencias en la rama principal de la planta.

2.5.5. Floración

Se considera como la fase de floración cuando se tiene el 50 % de apertura de las flores en la rama principal. La duración de la floración por inflorescencias es de 9 – 14 días, siendo la apertura de las flores de 1 -3 días.

2.5.6. Grano lechoso

Se considera que cuando al ser presionado entre las uñas, el grano deja escapar un líquido lechoso, esta fase es la más susceptible a la incidencia de heladas menores a 2 ° C.

2.5.7. Grano pastoso

Cuando los granos de la cañihua al ser presionada entre las uñas se aplastan y muestra una consistencia pastosa de color blanco.

2.5.8. Madurez fisiológica

Es cuando los granos de la cañihua acumulan la mayor cantidad de materia seca y alcanza máximo tamaño. Ello se da cuando el 50% de los primeros granos inician o están por desgranarse, iniciándose la cosecha debido a que las plantas de cañihua son muy susceptibles al desgrane y puede llegar a desgranarse el 50 %.

2.6. VARIEDADES BOTÁNICAS

2.6.1. *Chenopodium canihua* Cook var. **saiwa o saigua**

Según Apaza (2010), explica que, son plantas de cañihua de crecimiento erecto, de tallos erguidos y pocas ramificaciones secundarias como se puede apreciar en la Figura 1.

2.6.2. *Chenopodium canihua* Cook var. **lasta**

Según Apaza, (2010), asevera que, son plantas de cañihua de tallos semi-erguidos y con bastante ramificación desde la base de la planta como se puede apreciar en la Figura 1.

2.6.3. *Chenopodium canihua* Cook var. **pampa lasta**

Según Apaza, (2010), afirma que, son plantas de cañihua de crecimiento sobre la superficie del suelo, de tallos tendidos solo sus extremos son erguidos, como se puede apreciar en la Figura 1.

2.7. ASPECTOS AGRONÓMICOS

2.7.1. Requerimientos de clima

Según Mujica *et al*, (2002), indican que, las condiciones apropiadas para el cultivo de cañihua son: temperatura mínima de -10°C y temperatura máxima de 20°C ; con una humedad relativa promedio de 55 %, precipitación entre 500 y 600 mm. anuales, el fotoperiodo es de 8 a 10 horas sol.

Apaza (2010), menciona que los requerimientos ambientales dependen del estado de crecimiento y desarrollo del cultivo de cañihua; así, el requerimiento de humedad del suelo para la germinación y emergencia de las plántulas a la superficie del suelo es indispensable, durante la ramificación puede tolerar periodos prolongados de sequía en verano (veranillos), temperaturas bajas hasta de -3°C , se adapta a la variación de la precipitación anual; el requerimiento de radiación fotosintéticamente activa para el llenado de granos es desconocido; en la planta de cañihua existen mecanismos de adaptación, como hojas que cubren y protegen los primordios y ejes florales de las bajas temperaturas y la presencia de pubescencia de vesículas en hojas y tallos, con cristales de

oxalato de calcio higroscópicos que controlan la excesiva transpiración de la planta en sus diferentes fases fenológicas.

Alexis (2011) señala que, el cultivo de la cañihua se relaciona directamente con las zonas agroecológicas Suni altiplano y Puna, caracterizadas por bajas temperaturas, aunque es tolerante a las sequías una vez que alcanza el estado de inicio de ramificación que es 40 a 50 días después de la germinación, requiere sin embargo de una adecuada humedad sobre todo durante los primeros 20 días después de la germinación.

2.7.2. Condiciones y preparación del suelo

Según Choquehuanca y Torres (2001) citado por FIDA (2010), en el altiplano puneño la preparación del suelo se efectúa con yunta o maquinaria agrícola, iniciando después de la cosecha. La profundidad adecuada es de 20 a 25 cm, con la humedad suficiente para que al momento de la siembra la reja de la yunta se introduzca con facilidad. El rastrado o mullido se realiza un mes antes de la siembra. El terreno para el cultivo de cañihua debe quedar bien mullido, suelto y nivelado. La siembra en el mes de setiembre, es para variedades tardías, en el mes de octubre para las intermedias, y en el mes de noviembre para las precoces. Sin embargo, dependerá de la frecuencia y volumen de las lluvias.

2.7.3. Abonamiento y fertilización

Alexis (2011) menciona que, el cultivo de cañihua responde con mejores rendimientos a la fertilización con nitrógeno y fósforo; las fertilizaciones altas de nitrógeno y fósforo (120 - 60) han elevado la producción a 2400 kg/ha de grano y 14 t de broza; esta última tiene una buena utilización en la alimentación del ganado. Se ha encontrado interacción entre el efecto de la fertilización con nitrógeno y fósforo, pero no así con potasio, para las condiciones del suelo del altiplano.

Apaza (2010) menciona que, es generalizado que los campesinos no abonen dicho cultivo y no se disponen de normas de abonamiento comprobadas; sin embargo, en experiencias del programa Nacional de Cultivos Andinos del INIA-Puno, se observó que un abonamiento de cuatro a seis toneladas de estiércol descompuesto de ovino en una hectárea era la más adecuada; se recomienda efectuar el análisis del suelo para corregir el nivel de abonamiento. El abono es aplicado manualmente al fondo del surco antes de la siembra. La cañihua responde a una fórmula de abonamiento: 40 kg de N, 20 kg de P₂O₅ /ha. La falta de un abonamiento adecuado explica en parte los rendimientos bajos.

2.7.4. Siembra

La densidad de siembra en cañihua es como máximo 8 kg/ha, con una siembra muy superficial, en siembra al voleo (FIDA, 2010).

Por otra parte, Alexis, (2011), recomienda que, la cantidad de semilla utilizada es de 4 a 8 kg/ha al sembrar en surcos y hasta 15 Kg cuando se siembra al voleo. La densidad de siembra está íntimamente relacionada con la clasificación del grano. Con el uso de semillas de mayor tamaño que han completado su madurez se requiere una menor densidad. Para calcular el número de granos por hectárea se considera que un gramo de peso contiene entre 900 y 1 000 granos de cañihua.

Apaza (2010) menciona que, la germinación de la semilla de cañihua se llama a la acción que la plántula atraviesa la superficie del suelo y es visible los cotiledones aun con la semilla en la parte apical. Si después de ocho días no se ha iniciado la emergencia, se debe determinar las razones de la falta de germinación extrayendo las semillas del suelo y proceder a la resiembra si es necesario.

2.7.5. Aporque y deshierbo

Apaza (2010) menciona que, a nivel de la agricultura campesina, el aporque no es practicado y las malezas por ser un recurso forrajero son utilizadas gradualmente para la alimentación animal. Sin embargo, la producción orientada al mercado y por la exigencia del mismo, crea la necesidad de realizar ciertas labores culturales que tienen que ver con la calidad del grano como: deshierbo y aporques. Con el aporque se eliminan casi en su totalidad las malezas al extraerlas desde sus raíces, además de introducir aireación a las raíces de las plantas de cañihua. Estas labores se deben realizar cuando las plantas de cañihua estén ramificando.

2.7.6. Plagas y enfermedades

FIDA (2010) precisa que, la planta de cañihua es muy resistente al ataque de fitopatógenos; sin embargo, en condiciones muy adversas de clima las principales plagas que afectan el cultivo de cañihua son: k'ona (*Eurysacca sp*), gusanos de tierra (*Copitarsia turbata*), y pulgones (*Myzius persicae* y *Macrosiphum euphorbiae*); mientras que la enfermedad más importante es el Mildiu (*Peronospora farinosa*).

Asimismo, Alexis (2011) señala que en relación a las plagas se han detectado varios insectos que la atacan, entre los más importantes se pueden señalar los siguientes:

Pulgones: *Myzus persicae* y *Macrosiphum euphorbiae*.

Escarabajo negro "challu" (*Epicauta willei* y *Epicauta latitarsis*).

También Alexis (2011) menciona que, gusanos y larvas: de lepidópteros, *Gnorimoschema* sp. y de la familia Noctuidae.

La cañihua es una de las plantas más resistentes a las enfermedades, aunque se ha detectado algún ataque de mildiu (*Peronospora farinosa*) al comienzo de la floración, éste desaparece o la planta muestra alta tolerancia.

2.7.7. Cosecha

Alexis (2011) menciona que, el período de cosecha de la cañihua en el altiplano puneño se inicia en marzo y se extiende hasta abril, debido a que no todas las plantas maduran al mismo tiempo. Además, se cortan las plantas antes de que los granos maduren, de otra manera un gran porcentaje de ellos se caería al suelo. Un factor climático que puede afectar seriamente la producción del grano son las granizadas que ocurren en el mes de marzo; pueden ocasionar pérdidas de hasta 80%.

Apaza (2010) menciona que, la cosecha tradicional de variedades locales consiste en arrancar las plantas con raíces y sacudirlas para que caigan los granos maduros, el resto dejarlas secar en gavillas durante 10 a 15 días, para finalmente proceder a la trilla (Debido a la maduración paulatina de la planta). La cosecha comercial de variedades definidas aún es totalmente manual en cinco etapas (siega, emparvado, trilla, venteo y almacenamiento), durante el mes de abril.

2.7.8. Post cosecha

Alexis (2011) menciona que, la trilla de cañihua en el altiplano puneño se efectúa con el método tradicional de golpeo de las plantas con palos curvados en el extremo (waqtana). Esta operación se repite varias veces, conforme va madurando el grano en los arcos. Una vez trillado, la cañihua es venteadada para separar las ramas pequeñas y hojas que conforman el residuo denominado jipi. La broza conformada por las ramas, hojas y receptáculos de las inflorescencias se denomina “qiri”.

También Apaza (2010) menciona que, la siega de las plantas se realiza con una hoz, cegando manualmente el tallo a una altura más o menos a cinco centímetros del suelo, antes de que los granos sobre maduren, para evitar pérdida por desgrane; tradicionalmente los productores de cañihua que siembran parcelas pequeñas arrancan las plantas con las raíces, lo que trae como consecuencia que el grano esté mezclado a la tierra procedente de las raíces, desmejorando la presentación y calidad del grano. Las plantas segadas se

colocan en gavillas o parvas pequeñas para que terminen desecarse hasta que los granos tengan la humedad adecuada (12-14%) para la trilla.

Apaza (2010) menciona que, en vista que la cañihua trillada en forma manual contiene impurezas (hojas, tallos), se hace necesario el venteo del grano, aprovechando las corrientes naturales de aire, con ayuda de tamices o zarandas de manejo manual. Para eliminar las impurezas, se utiliza un tamiz de 3,0 mm; para la clasificación de granos, se realiza con un tamiz de 850 micras; la clasificación de granos por tamaños no se realiza. Este método es utilizado por pequeños productores, cuya producción se destina en su mayoría para autoconsumo.

2.7.9. Rendimiento

Según Apaza (2010) menciona que, con las prácticas de cultivo tradicionales del campesino como: escasa preparación del suelo, sin abonamiento, siembra a voleo que muchas veces pareciera estar sembrado en surcos pero no son más que los surcos que quedan del cultivo de papa, el agricultor obtiene en promedio 500 a 700 kg/ha de grano. Sin embargo, se puede alcanzar rendimientos medios de 1,8 Tn/ha, con tecnología mejorada. Uno de los efectos más negativos en la madurez fisiológica son las granizadas que pueden afectar más del 50% de la producción; sin embargo, cuando el cultivo está en ramificación, las plantas son tolerantes tanto a granizadas como a bajas temperaturas de -4°C.

FIDA (2010) menciona que, el rendimiento promedio en la zona aymara de Puno es de 480 kg/ha, los bajos rendimientos, que no superan las 0,48 Tn/ha, se deben a múltiples factores: la diversidad de variedades, el poco interés en las labores del proceso productivo, y el riesgo climático. La presencia de granizadas puede ocasionar pérdidas hasta del 80% en la cosecha, e igualmente también afirma que económicamente no es un cultivo rentable. Los problemas en el proceso productivo están referidos a la cosecha, donde el 82% argumenta que la cosecha demanda excesiva mano de obra y que esta se realiza generalmente arrancando las plantas desde raíz.

2.8. VALOR NUTRICIONAL

Apaza (2010) menciona que, la kañiwa (*Chenopodium cañihua* Cook) se caracteriza por contener proteínas de alto valor biológico, mayor que el de la quinua, además de fibra. Es un alimento considerado nutracéutico o alimento funcional, con un elevado contenido de proteínas (15.7 a 18.8 por ciento) y una proporción importante de aminoácidos esenciales, entre los que destaca la lisina (7.1%), aminoácido escaso en los alimentos de origen

vegetal, que forma parte del cerebro humano. Esta calidad proteica en combinación con un contenido de carbohidratos del orden del 63.4% y aceites vegetales del orden del 7.6%, la hacen altamente nutritiva. También concentra grandes proporciones de calcio, magnesio, sodio, fósforo, hierro, zinc, vitamina E, complejo vitamínico B; por lo que los nutricionistas la comparan con la leche. El grano también tiene alto nivel de fibra dietética, y grasas no saturadas. Considerándose a esta especie como uno de los componentes estratégicos de la seguridad alimentaria, del cual se podrían elaborar productos innovadores en la industria alimentaria.

Nutracéutico: Efecto beneficioso para la salud producido por el compuesto bioactivo de un alimento.

Los **alimentos funcionales** se pueden definir como alimentos o compuestos fisiológicamente activos, que pueden mejorar la salud y prevenir enfermedades más allá de los nutrientes tradicionales que contiene.

2.9. DIVERSIDAD GENÉTICA

El Altiplano es un centro de diversificación y variabilidad muy importante de kañiwa. Su producción se concentra en terrenos comunales, campos donde es posible encontrar una gran diversidad de ecotipos con variabilidad genotípica y fenotípica. El Banco de Germoplasma de la EEA. Illpa-INIA, Puno, conserva 430 accesiones de kañiwa, de las cuales el 41% corresponde a la provincia de Melgar, 21% a la provincia de Puno, 13% a San Antonio de Putina, 10% a la provincia de Lampa y 6% a la provincia de Huancané. Como en gran parte de las comunidades campesinas del Altiplano se encuentra una numerosa diversidad de ecotipos de kañiwa con alta variabilidad interna, cultivado por campesinos generación tras generación, el Programa Nacional de Investigación en Cultivos Andinos - Puno, a través del convenio Bioversity International - IFAD, CIRNMA e Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), en el marco del proyecto “Elevar la contribución de las especies olvidadas y subutilizadas a la seguridad alimentaria y a los ingresos de la población rural de escasos recursos” el año 2002, ha recolectado 374 y caracterizado 120 colecciones, que se mantienen en el Banco de Germoplasma de la EEA. Illpa INIA, Perú.

En las colecciones de ecotipos, también llamados variedades tradicionales, locales o nativas realizadas en las provincias de Huancané, San Román, Lampa, Puno (Distrito: Acora) y Chuchito (Distrito: Pomata y Kelluyo), se ha encontrado que un mismo ecotipo puede recibir nombres diferentes en distintos lugares, tal como se aprecia en la Tabla 1.

Tabla 1. Distribución de la cañihua en la región Puno

PROVINCIA	DISTRITO	COMUNIDAD CAMPESINA
El Collao	Collao	Churo Maquera, Churo Lopez, Jachocco
Puno	Laraqueri	Nuño Marca, Anccacca
Puno	Acora	Amparani, Totorani
Melgar	Llalli	Llalli, Checastica, kenemari
Melgar	Orurillo	Balsa palta, Caluyo
Melgar	Macari	Alto Collana, Bajo Collana, Huamancuro
Melgar	Umachiri	Sora, Umasiri
Chucuito	Zepita	Tanka tanka, (alto pavita, bajo pavita)
Chucuito	Juli	San Pedro de Llinqui
Chucuito	Kelluyo	Kelluyo
Carabaya	Crucero	Pueblo joven Carlos Gutierrez
Lampa	Lampa	Isla cateria, E. Torres Belón

2.10. ORIGEN Y PROCEDENCIA DE LAS VARIEDADES

Apaza (2010) menciona que, una variedad de kañiwa es definida como un grupo de plantas similares que debido a sus características morfológicas y comportamiento, se puede diferenciar de otras variedades dentro de la misma especie. Como la kañiwa es una planta con una tasa de autofecundación entre 64 y 89%, las variedades mejoradas pueden obtenerse por los métodos de selección, considerando su gran variabilidad genética. El Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) ha logrado obtener las variedades Ramis, Cupi e Illpa INIA, consideradas como las primeras obtenidas mediante los métodos de mejoramiento por selección individual (cima surco) y estudios de estabilidad de rendimiento.

2.11. DESCRIPCIÓN DE LAS VARIEDADES

Descripción de variedades en estudio según Apaza (2010):

Variedad Cupi

- Hábito de crecimiento: Saiwa
- Altura de planta 60 cm.
- Diámetro del tallo central medido en la parte media del tercio inferior de la planta en madurez fisiológica: 4.0 mm.
- Color de estrías: púrpura pálido.
- Color del tallo en madurez fisiológica de la planta: púrpura pálido.
- Número de ramas primarias desde la base hasta el segundo tercio de la planta: nueve.

- Cobertura vegetativa medida en madurez fisiológica, considerando la cobertura más ancha de la planta: 24 cm.
- Forma de la lámina foliar del tercio medio de la planta en plena floración: ancha ovada.
- Número de dientes de la lámina foliar del tercio medio de la planta en plena floración: 5 a 6.
- Longitud del peciolo de hojas del tercio medio de la planta en plena floración: siete mm
- Longitud máxima de la lámina foliar del tercio medio de la planta en plena floración: 1.62 cm.
- Ancho máximo de la lámina foliar del tercio medio de la planta en plena floración: 1.40 cm.
- Color de la hoja a la madurez fisiológica: púrpura pálido.
- Grado de dehiscencia cuando alcanza a la madurez fisiológica: regular.
- Aspecto del perigonio la madurez fisiológica: cerrado.
- Color del perigonio registrado a la madurez fisiológica: gris crema suave.
- Color del epispermo: café claro.
- Diámetro del grano sin considerar el perigonio: 1.0 a 1.1 mm.
- Peso de 1000 granos 0.5510 g.

Variedad Ramis

- Hábito de crecimiento de la planta: Saiwa
- Altura de planta: 52 cm. Diámetro del tallo central: 4.5 mm.
- Color de estrías: púrpura.
- Color del tallo en madurez fisiológica: púrpura.
- Número de ramas primarias desde la base hasta el segundo tercio de la planta: 15.
- Cobertura vegetativa medida a la madurez fisiológica, considerando la cobertura más ancha de la planta: 26 cm.
- Forma de la lámina foliar del tercio medio de la planta en plena floración: ancha ovada.
- Número de dientes de la lámina foliar del tercio medio de la planta en plena floración: 3 a 5.

- Longitud del peciolo de hojas del tercio medio de la planta en plena floración: 8 mm.
- Longitud máxima de la lámina foliar del tercio medio de la planta en plena floración: 2.03 cm.
- Ancho máximo de la lámina foliar del tercio medio de la planta en plena floración: 1.70 cm.
- Color de la hoja a la madurez fisiológica: púrpura pálido
- Grado de dehiscencia cuando alcanza la madurez fisiológica: ligera.
- Aspecto del perigonio a la madurez fisiológica: semiabierto.
- Color del perigonio registrado a la madurez fisiológica: gris oscuro.
- Color del epispermo: café oscuro.
- Diámetro del grano sin considerar el perigonio: 1.1 a 1.2 mm.
- Peso de 1000 granos 0.8566 g.

Variedad Illpa INIA 406

- Hábito de crecimiento de la planta: Saiwa.
- Altura de planta: 67 cm.
- Diámetro del tallo central: 5.0 mm.
- Color de estrías: rojo.
- Color del tallo en madurez fisiológica: anaranjado.
- Número de ramas primarias desde la base hasta el segundo tercio de la planta: 33.
- Cobertura vegetativa medida a la madurez fisiológica considerando la cobertura más ancha de la planta: 31 cm.
- Forma de lámina foliar del tercio medio de la planta en plena floración: ancha ovada.
- Número de dientes de la lámina foliar del tercio medio de la planta en plena floración: 5 a 7.
- Longitud del peciolo de hojas del tercio medio de la planta en plena floración: 12 mm.
- Longitud máxima de la lámina foliar del tercio medio de la planta en plena floración: 2.40 cm.
- Ancho máximo de lámina foliar del tercio medio de la planta en plena floración: 1.73 cm.

- Color de la hoja a la madurez fisiológica: anaranjado.
- Grado de dehiscencia cuando alcanza la madurez fisiológica: ligera.
- Aspecto del perigonio en la madurez fisiológica: Cerrado.
- Color del perigonio registrado a la madurez fisiológica: crema suave.
- Color del epispermo: café claro.
- Diámetro del grano sin considerar el perigonio: 1.0 a 1.1 mm.
- Peso de 1000 granos: 0.5511 g.

2.12. SEMILLA

Definiciones de la semilla, descritas según Marca (1993):

Por definición Botánica: La semilla es el óvulo fecundado, desarrollado y maduro.

Desde el punto de vista de propagación de plantas: Es el material de reproducción vegetal de cualquier género, especie o cultivar, proveniente de la reproducción sexual o asexual, que tenga la finalidad específica de siembra y cosecha.

Según la Ley General de semilla N° 27262: Es toda estructura botánica destinada a la propagación sexual y asexual de una determinada especie.

Para los profesionales y técnicos: La semilla de buena calidad debe dar buenos resultados cuando son sembrados bajo las condiciones para los que fueron creadas.

Para el agricultor: Las semillas significan el cimiento, la continuidad, el símbolo de la abundancia de cosecha, bienestar de la familia y esperanza de una nueva vida.

Para el ama de casa: A través de las flores, la semilla representa la belleza, la alegría, el amor, el aroma, la fragancia, la medicina, el sentimiento, entre otros.

Para especialistas en semillas: Es la planta en miniatura, portador del potencial genético de la variedad, que bajo condiciones adecuadas del medio ambiente y de manejo agronómico, es capaz de incrementar la productividad y mejorar la calidad del producto, contribuyendo a la seguridad alimentaria, al bienestar de la familia y la soberanía alimentaria de país.

La semilla se define como toda estructura botánica destinada a la propagación sexual o asexual de una especie.

La semilla tiene la función de perpetuar la especie a la que pertenece, por lo tanto, es un elemento eficaz para que dicha especie se multiplique y disperse durante el tiempo (Chacón 2018).

En todo cultivo es imprescindible tener en cuenta la calidad de la semilla para su éxito, ya que las semillas son el punto de partida para la producción y es indispensable que tenga una buena respuesta en las condiciones de siembra y que produzca plántulas vigorosas para alcanzar el máximo rendimiento. Desde un punto de vista sustentable, es necesario tener semilla de calidad para obtener una buena cosecha.

Muchas veces una semilla de buena calidad es considerada aquella que puede germinar y que se encuentra libre de organismos patógenos como bacterias, hongos o virus; sin embargo, el concepto es más amplio y multidimensional está conformado por varios factores, entre los cuales se incluyen los siguientes parámetros (Thomson citado por Peretti, 1994):

- **Pureza botánica o física**

Según Ramírez (2006), la prueba de pureza física tiene como objetivo, identificar y cuantificar la composición de la muestra y por lo tanto, la composición del lote del que proviene; como es, semilla o grano limpio, tamaño y color, impurezas, tales como la semilla de otros cultivos, de malezas y materia inerte. El resultado se expresa en porcentaje de semillas o grano puro.

- **Pureza genética**

Según ISTA (2016) la pureza genética se mide la identidad y pureza genética de la semilla. Se hace un control de genealogía en las etapas de multiplicación, lo que constituye la certificación de la semilla.

- **Poder germinativo**

Según Ramírez (2006), el poder germinativo, es el porcentaje de semillas puras que son capaces de dar plántulas normales en condiciones favorables y durante un tiempo determinado. Se consideran plántulas normales a los que poseen radícula, cotiledones y talluelo, siempre que no presenten formas sinuosas, raquílicas, podredumbre y otros detalles; lo que lleva a que el conteo lo realice un especialista en el tema, pues estos son índices de debilidad que hay que evaluar porque en condiciones de campo no llegaran a plantas adultas.

- **Dormición**

Es la incapacidad de germinar de una semilla viable para completar la germinación bajo condiciones favorables, se denomina dormancia.

Ramírez (2006), describe como una característica de la semilla que define la condición requerida para la germinación y por tanto, cualquier elemento que amplíe los requerimientos ambientales para la germinación es un factor de liberación de la dormancia. Los factores ambientales que controlan la dormancia son principalmente la luz, la temperatura, la humedad y la duración del almacenamiento (después de la maduración de la semilla).

- **Contenido de humedad**

Según Ramírez (2006), las semillas deben ser almacenadas con un contenido de humedad de 8 a 13 % por 6 a 18 meses en climas templados; los insectos pueden aun causar problemas si las semillas son susceptibles al daño mecánico.

- **Valor cultural**

Según Ramírez (2006), el valor cultural es un indicador de la calidad de la semilla, lo que indica es la cantidad de semilla pura viva presente, esto quiere decir, la cantidad de semilla con una alta probabilidad de germinación, siempre y cuando existan las condiciones de clima y suelo ideales.

- **Energía germinativa**

Según Ramírez (2006), la expresión “energía germinativa” va ligada al concepto tiempo, y por eso muchos autores emplean la locución de velocidad de germinación. Se trata de dar idea de la rapidez con la que la semilla germina como índice de su vitalidad, pues no hay duda de que cuanto más pronto lo hace es demostración de una naturaleza tanto más exuberante.

Considerando estos factores, Peretti (1994) señala que una semilla de calidad debe ser de la misma especie, debe ser una semilla pura o libre de material inerte u otras semillas; no puede presentar dormición o en caso se presente, este estado debe poder revertirse naturalmente; el estado de germinación de la semilla debe ser elevado al igual que su estado sanitario; con bajo contenido de humedad y la semilla debe ser capaz de adaptarse de manera fácil a las condiciones edáficas y climáticas de la zona a la que se destina.

Según Peretti (1994), los criterios de calidad mencionados son de naturaleza diversa y es por ello que no es posible establecerse un orden o prioridad entre ellos. Asimismo, dice que la calidad de las semillas se regirá en función a todas las características enunciadas,

y que serán las condiciones del cultivo las que determinarán una mayor o menor contribución entre ellas.

Es posible mencionar algunas condiciones que describen de forma más concisa y que a la vez, engloban los factores mencionados sobre la calidad de una semilla (ISTA 2016):

- La capacidad del lote de semillas para producir plántulas normales.
- Potencial de emergencia y uniformidad en el campo.
- Potencial de almacenamiento

2.13. MUESTREO

Lote de semillas

Un lote de semillas es una determinada cantidad de semilla que sea física y únicamente identificable. (ISTA 2016).

Muestra primaria

Una muestra primaria es una parte tomada del lote de semillas durante una misma acción de muestreo simple (ISTA 2016).

Muestra Compuesta

La muestra compuesta se forma combinando y mezclando todas las muestras primarias tomadas del lote de semillas (ISTA 2016).

Submuestra

Una submuestra es una porción de una muestra obtenida mediante la reducción de una muestra (ISTA 2016).

Muestra remitida

La muestra remitida es una muestra que va a ser enviada al laboratorio de análisis de semilla y puede comprender bien la totalidad de la muestra o una submuestra de la misma. La muestra remitida puede dividirse en submuestras envasadas en diferentes materiales y preparadas para análisis específicas (ISTA 2016).

Muestra duplicada

Una muestra duplicada es otra muestra obtenida para remisión de la misma muestra compuesta y la mención “Muestra duplicada” (ISTA 2016).

Muestra de trabajo

La muestra de trabajo es el conjunto de muestra remitida o de una submuestra de la misma, en la que está hecho uno de los análisis de calidad descritos en estas reglas

ISTA y debe tener el menos el peso prescrito por las reglas ISTA para el determinar su análisis (ISTA 2016).

2.13.1. Pureza física

Las semillas se consideran limpias cuando pertenecen a la especie en cuestión indicada por el solicitante, o como el predominante en la muestra. Además, se deben incluir todas las variedades botánicas y cultivares de la especie (Ministerio de Agricultura, 2010).

Autores como McDonald y Copeland citados por Barros (2003) mencionan que, lo ideal es que el 100 por ciento de un lote de semillas que se comercializa sea del cultivar elegido, pero que en muchos casos existen contaminantes presentes en los lotes adquiridos. Por ello, existen formas para medir la cantidad de estos contaminantes, tales como la pureza física, método que ayuda a establecer el porcentaje de semillas que efectivamente corresponden al cultivar en cuestión, a otras especies, a malezas y a materia inerte.

De igual modo, se evalúa también la pureza genética del lote, que es una medida de la cantidad de semillas compradas que poseen la misma composición genética que el cultivar elegido.

2.13.2. Germinación

Es el desarrollo de aquellas estructuras esenciales que provienen del embrión, y que manifiestan la capacidad de la semilla para producir una planta normal bajo condiciones favorables. Asimismo, según ISTA (2016), la germinación es la aparición y desarrollo de la plántula hasta una etapa donde el aspecto de sus estructuras esenciales indica si es o no capaz de desarrollarse más en una planta satisfactoria en condiciones favorables en el campo.

La germinación incorpora aquellos eventos que se inician con la absorción de agua por la semilla seca y terminan con la elongación del eje embrionario. El proceso concluye cuando la radícula penetra y atraviesa las estructuras que rodean al embrión, lo que frecuentemente se conoce como germinación visible (Herrera 2012).

2.13.3. Vigor

El vigor de una semilla abarca todas las propiedades que posee la misma semilla o un lote de ellas, y mediante las cuales se puede determinar un potencial de emergencia rápido y uniforme, así como el desarrollo de plántulas normales bajo diferentes condiciones de campo (CIMMYT, 1998 mencionado por Chacón 2018).

En 1950, ISTA constituyó un Comité de Ensayos de Vigor, por medio del cual se encontró consenso para la definición de vigor de las semillas. Dicho comité, señaló que el vigor implica el total de las propiedades que determinan el potencial de actividad y de performance de una semilla o de un lote de ellas durante la germinación y emergencia de plántulas. Según el comportamiento de estas semillas, serán consideradas con un “alto vigor” o “bajo vigor” según su buen o mal comportamiento, respectivamente.

Por tanto, el vigor no es una sola propiedad medible, sino que abarca varias características relacionadas con varios aspectos del rendimiento del lote de semillas, como velocidad y uniformidad de la germinación de las semillas, junto con el crecimiento de las plántulas y la emergencia de semillas en condiciones favorable; además del rendimiento de las semillas después de su almacenamiento. Particularmente se considera la retención de la capacidad de germinar de estas. (ISTA, 2016 mencionado por Chacón 2018).

2.14. CALIDAD DE LA SEMILLA

El control de calidad de semillas puede definirse como enfoque sistemático para alcanzar y/o mantener estándares de calidad establecidos para las semillas de una determinada especie vegetal. Se puede decir que la calidad en semillas es un término que involucra cuatro componentes (Beingolea, 2015).

2.14.1. Calidad física de la semilla

La calidad de la semilla, desde este punto de vista, es medida mediante la prueba de pureza, la cual indica la composición del lote de semilla y la identidad de sus componentes (ISTA 2016).

2.14.2. Calidad fisiológica de la semilla

En este caso, se expresa la capacidad de la semilla para funcionar como tal y este aspecto es medido a través del poder germinativo y el vigor (ISTA 2016).

2.14.3. Calidad sanitaria de la semilla

Indica la sanidad de la semilla o su condición de presentarse libre de patógenos. Es necesario realizar exámenes en el laboratorio o pruebas de campo, así como la certificación de la semilla (ISTA 2016).

2.14.4. Calidad genética de la semilla

Se mide la identidad y pureza genética de la semilla. Se hace un control de genealogía en las etapas de multiplicación, lo que constituye la certificación de la semilla (ISTA 2016).

2.15. PLÁNTULAS

2.15.1. Plántulas normales

Según ISTA (2016), las plántulas normales son aquellas que muestran el potencial para desarrollarse en plantas de forma continua y satisfactoria, al ser cultivadas en suelos de buena calidad, y bajo condiciones favorables de humedad, temperatura y luz. La plántula debe cumplir con una de las siguientes categorías para ser considerada como normal.

Plántulas intactas: aquellas que cuenten con todas sus estructuras esenciales bien desarrolladas, completas, proporcionadas y sanas.

Plántulas con ligeros defectos: aquellas que muestren en sus estructuras esenciales ciertos defectos leves, pero que tengan un desarrollo satisfactorio y balanceado, que pueda ser comparado con el de las plántulas intactas del mismo ensayo.

Plántulas con infección secundaria: aquellas que pudieron ubicarse en una de las categorías anteriores pero que han sido afectadas por hongos o bacterias de cualquier otra fuente que no sea la semilla de la cual procede.

2.15.2. Plántulas anormales

Según lo que menciona la ISTA (2016), las plántulas anormales son aquellas que no muestran el potencial para desarrollarse de forma continua y satisfactoria en plantas, al ser cultivadas en suelos de buena calidad y bajo condiciones favorables de humedad, temperatura, y luz.

La plántula debe cumplir con una de las siguientes categorías para ser considerada como anormal (ISTA, 2016):

Plántulas dañadas: aquellas que no cuentan con alguna de las estructuras esenciales o en su defecto están mal e irreparablemente dañadas, de tal modo que no se espera un desarrollo balanceado de ellas.

Plántulas deformadas o desequilibradas: aquellas que han tenido un desarrollo débil, alteraciones fisiológicas o presentan estructuras esenciales deformes o desproporcionadas.

Plántulas podridas: aquellas que tienen estructuras esenciales enfermas o podridas debido a una infección primaria, lo cual evita un desarrollo normal.

2.15.3. Semillas no germinadas

Semillas frescas

Son las semillas capaces de absorber agua al someterse bajo condiciones establecidas, cuyo proceso de germinación está bloqueado; es decir, no han sido capaces de germinar

bajo las condiciones del ensayo de germinación pero que permanecen sanas y capaces de desarrollarse en plántulas normales.

Semillas muertas

Son semillas capaces de absorber agua, suelen ser blandas, decoloradas o pueden estar en estado mohoso. No presentan signos de desarrollo de plántulas.

2.16. DEFINICIONES DE TAXONES VEGETALES SUB ORDINADAS EN LA ESPECIE

Descritas según Solano (2017); menciona las siguientes definiciones:

2.16.1. Variedad

Agrupar a un conjunto de individuos con características hereditarias notables, como el color de los pétalos de la corola, la pubescencia, dimensiones de las hojas, la estatura, etc. Esta categoría también denota distribución geográfica y ecológica, se subordina a la especie o sub especie en caso de haberla.

2.16.2. Cultivar

Conjunto de plantas obtenidas por hibridación o mutación y reproducidas por su cultivo, con caracteres definidos y homogéneos (morfológicos, fisiológicos, citológicos, químicos y otros) como por Ej. Resistencia a enfermedades, sabor, aroma, coloración, etc., de importancia para los objetivos de la agricultura.

2.16.3. Línea

Conjunto de individuos obtenidos por semilla, se reproducen sexualmente y son seleccionados para lograr una homogeneidad, siendo los descendientes muy semejantes entre sí.

2.16.4. Clon

Conjunto de individuos obtenidos por multiplicación vegetativa (estaca, injerto, bulbo, rizoma, tubérculo, división de mata, etc.). Las llamadas “variedades” de manzanas, peras, duraznos, papas, tulipanes, gladiolos. Etc., no son más que clones.

2.16.5. Ecotipo

Población de plantas procedentes de una misma ecología o sitio.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo investigación se realizó en dos etapas: la primera etapa fue en el laboratorio y la segunda etapa fue en condiciones de campo. A continuación, se detalla las etapas:

3.1. ETAPAS DEL ESTUDIO

3.1.1. Etapa de laboratorio

Esta etapa se realizó en el laboratorio de Análisis de Semillas de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, de la Facultad de Ciencias Agrarias, perteneciente a la Universidad Nacional del Altiplano - Puno. La etapa duró 15 días, es decir, desde el 15 de agosto hasta el 30 de agosto del 2018, en esta etapa se evaluó la calidad física de la semilla, cuyas observaciones fueron:

- a) Pureza física
- b) Tamaño de la semilla
- c) Peso de 1000 semillas
- d) Porcentaje de germinación
- e) Valor cultural
- f) Energía germinativa

3.1.2. Etapa de campo

La etapa de campo se desarrolló en la Comunidad Campesina de Mullacañi, perteneciente el distrito de Pilcuyo, provincia El Collao, de la región Puno, ubicado en el anillo circunlacustre del lago Titicaca, cuyas características geográficas son:

Latitud sur (S) : 16°04'11.4''

Longitud oeste (W) : 69°28'14.5''

Altura : 3818 msnm

Zona agroecológica : Templado - frio

Región natural : Sierra

3.2. DURACIÓN DE EJECUCIÓN DEL EXPERIMENTO

El trabajo de investigación incluyendo las etapas de laboratorio y de campo, duró ocho meses, es decir, empezó en el mes de agosto del año 2018 y terminó en el mes de abril del 2019.

3.3. HISTORIAL DEL ÁREA EXPERIMENTAL

- Campaña agrícola 2017-2018: Cultivo de papa
- Campaña agrícola 2018-2019: Cultivo de cañihua (Presente experimento)

3.4. CONDICIONES METEOROLÓGICAS

La Figura 7, muestra el comportamiento variable de los datos de temperatura ambiental, que corresponde a la campaña agrícola 2018-2019, cuyos valores fueron obtenidos del SENAMHI. La temperatura máxima con el mayor valor fue en el mes de diciembre del 2018, alcanzado 17.8 °C. En contraste a ello, la temperatura mínima con el valor más bajo fue en el mes de octubre, registrando 2.2 °C, La temperatura media osciló desde 12.8 °C en el mes de diciembre del año 2018, hasta 8.11°C en el mes de enero del 2019. Bajo estas características de temperatura ambiental se desarrolló el presente trabajo de investigación.

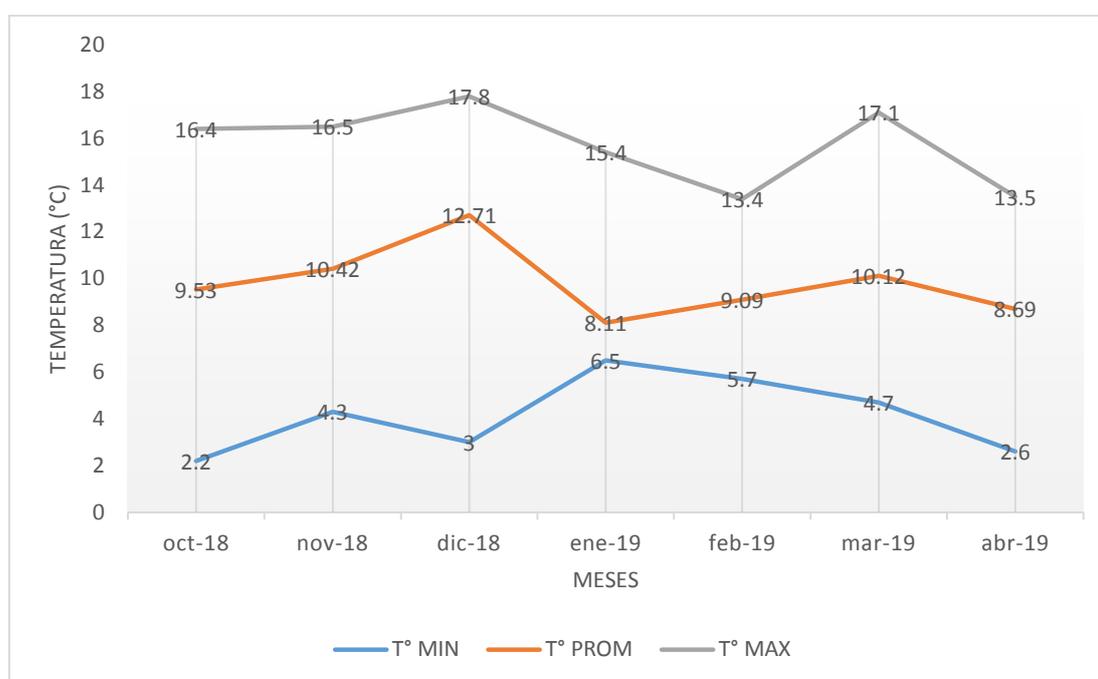


Figura 7. Variación de la temperatura durante el ciclo del cultivo

La Figura 8, muestra el comportamiento de la precipitación pluvial, que corresponde a la campaña agrícola 2018-2019, durante este periodo, en el mes de octubre del año 2018, se presentó una moderada precipitación pluvial con 38.7 mm/mes; luego en el mes de noviembre del año 2018, decrece sustancialmente la precipitación pluvial hasta 15.9 mm/mes; posteriormente desde el mes de diciembre del año 2018, se incrementa la precipitación pluvial hasta 49.6 mm/mes, alcanzado su máximos valores en el mes de febrero del año 2019 con 152.8 mm/mes, y decrece significativamente en el mes de marzo

del 2019 alcanzando solamente 18.9 mm/ mes, bajo estas características meteorológicas se desarrolló el presente trabajo.

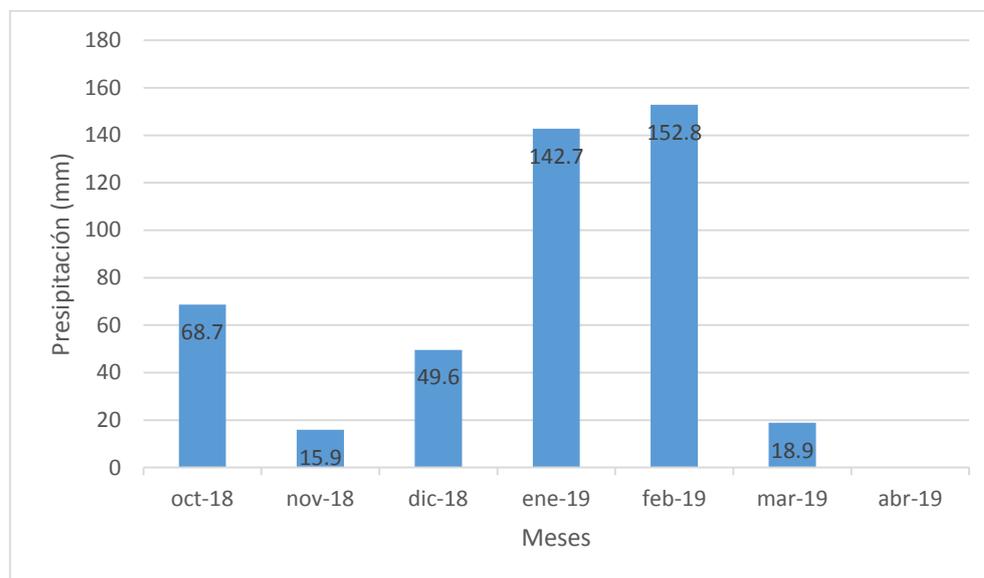


Figura 8. Variación de la precipitación durante el ciclo del cultivo

Al respecto, podemos manifestar que la cañihua es tolerante a temperaturas mínimas en diferentes etapas de su desarrollo, de esto se puede determinar su adaptación a zonas agroecológicas específicas, en la etapa vegetativa desde ramificación no sufre daños por heladas, pero en la fase fenológica de emergencia hasta inicio de ramificación si es susceptible. Asimismo, la cañihua es un cultivo que se conduce en condiciones de secano.

3.5. CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS

Los resultados de análisis de suelos mostraron que la clase textural del suelo es franco arenoso, con un valor de pH moderadamente ácido (5.90), con regular contenido de materia orgánica (3.69%), con bajo nivel de nitrógeno total (0.10%), con bajo contenido de fósforo disponible (6.20 ppm) y con bajo contenido de potasio disponible (120 ppm); y otros elementos presentes en la tabla de descripción.

Tabla 2. Resultados del análisis del suelo del campo experimental

DETERMINACIÓN	RESULTADO
% Arena	63.00
% Limo	16.98
% Arcilla	20.02
Clase textural	Franco Arenoso
Materia orgánica (%)	3.69
Nitrógeno (N) total (%)	0.10
Fósforo (P) disponible (ppm)	6.20
Potasio (K) disponible (ppm)	120
pH	5.90
C. E. (mS/cm)	0.26
CO ₃ (%)	0.00
Al ₃ ⁻ (me/100g suelo)	0.00

3.6. ETAPA DE LABORATORIO

3.6.1. Material biológico

Se utilizó la especie cañihua (*Chenopodium canihua* Cook) que corresponden a tres variedades comerciales: Cupi, Ramis e Illpa INIA 406, procedentes del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) de Puno, y también se utilizó tres ecotipos de cañihua colectadas del distrito de Kelluyo, provincia de Chucuito y región Puno, denominadas como amarillo, rojo y rosado.

Variedades:

- Chenopodium canihua* Cook var Cupi
- Chenopodium canihua* Cook var Ramis
- Chenopodium canihua* Cook var Illpa INIA 406

• Ecotipos:

- Chenopodium canihua* Cook Ecotipo Amarillo
- Chenopodium canihua* Cook Ecotipo Rojo
- Chenopodium canihua* Cook Ecotipo Rosado

3.6.2. Materiales de laboratorio

Los materiales utilizados en la etapa de laboratorio fueron los siguientes:

- Vernier
- Balanza analítica
- Mesa de trabajo
- Pinzas
- Lupa

- f) Placas Petri
- g) Cámara germinadora
- h) Tamiz N° 16
- i) Micrómetro digital

3.6.3. Metodología de trabajo en laboratorio

La etapa de laboratorio, se desarrolló en las instalaciones del Laboratorio de Análisis de Semillas (LAS) de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano. En el laboratorio se evaluaron las siguientes variables de respuesta:

3.6.4. Evaluación de la pureza física de la semilla

Para la evaluación de la pureza física de la semilla, se tomó una muestra de 10 g de semilla de cañihua, de cada una de las variedades y ecotipos previamente codificados. En la mesa de trabajo, cada muestra con el uso de las pinzas y la lupa se separaron manualmente las semillas, agrupándose en tres componentes: Semilla pura, semilla de otras especies; y material inerte; los cuales están establecidos de acuerdo a ISTA 2016. Posteriormente, en una balanza electrónica se pesaron las semillas por partes, para determinar los porcentajes de cada componente.

3.6.5. Análisis de tamaño de la semilla

Se tomó una muestra de 2 semillas por cada tratamiento, posteriormente con la ayuda del micrómetro digital se determinó el tamaño de la semilla, luego se estandarizo de acuerdo a ISTA.

3.6.6. Peso de 1000 semillas

Para determinar el peso de mil semillas de cañihua, se procedió a tomar una muestra de 100 semillas con 8 repeticiones por cada tratamiento. Seguidamente se procedió a pesar en una balanza electrónica cada muestra, es decir de las 8 repeticiones, Para los cálculos se promediaron los valores y se multiplicó por 10, según lo recomendado por ISTA (2016).

3.6.7. Porcentaje de germinación

Para determinar el porcentaje de germinación, se tomó una muestra de 100 semillas por cada tratamiento, cada uno con cuatro repeticiones. Para el porcentaje de germinación se tomaron semillas después del análisis de pureza.

En las placas Petri previamente esterilizados, se colocó el papel filtro (SP) con dos laminas, luego se procedió a humedecer con agua destilada (6 ml), Posteriormente se inició a sembrar 100 semillas, distribuidas uniformemente sobre toda la superficie de la placa Petri, Finalmente se colocó en la cámara germinadora. El equipo de la cámara germinadora se graduó a una temperatura de 20°C y a una humedad relativa de 40%. La primera evaluación se realizó después de 48 horas y la última evaluación después de 96 horas. Los resultados se evaluaron de acuerdo a las reglas internacionales de análisis de semillas (ISTA) de la siguiente manera: plantas normales, plantas anormales y semillas no germinadas.

3.6.8. Valor cultural

Según Ramírez (2006), el valor cultural permite conocer la verdadera calidad de la semilla de una determinada variedad, debido a que en él se conjugan dos parámetros de la calidad, la pureza y el poder germinativo, que divididos por 100 expresan el porcentaje del valor cultural, conocidos también como el valor real o valor potencial de la semilla. También se refiere a la calidad de una semilla, que resulta del análisis de la misma en el laboratorio y representa el porcentaje de semillas puras viables que germinaran en la muestra de un lote, en condiciones normales de humedad, temperatura y luz, que es calculado por la siguiente fórmula:

$$VC = \frac{\% \text{ de Pureza} * \% \text{ de Germinacion}}{100}$$

3.6.9. Energía germinativa

Ramírez (2006) menciona que, para medir la energía germinativa se utilizó, el porcentaje de semillas germinadas en un plazo corto de tiempo, constituido por los primeros días de los han de transcurrir para el ensayo de germinación y dependiente de la duración de este; se utilizó la velocidad o energía germinativa por las semillas germinadas en los 2/3 de tiempo.

$$EG = \% \text{ de Germinacion} * \frac{2}{3} \text{ En } 1/3 \text{ del tiempo}$$

Se evaluó de la siguiente manera:

$$EG = \% \text{ de Germinacion} * \frac{2}{3} \text{ En } 1/3 \text{ de tiempo}$$

$$EG = 100 * 2/3$$

$$EG = 66.6 = 67 \%$$

Si 1/3 de tiempo

$$1/3 * 4 = 1.3 = 1 \text{ día}$$

Entonces, como mínimo debe germinar mayor o igual a 67 % al primer conteo (1 día), para que sea considerado bueno el lote de semillas, de lo contrario o si es menor se considera malo o de baja calidad el lote de semillas.

3.7. ETAPA DE CAMPO

3.7.1. Material biológico de campo

Se utilizó la especie cañihua (*Chenopodium canihua* Cook) que corresponden a tres variedades comerciales: Cupi, Ramis e Illpa INIA 406, procedentes del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) de Puno, y también se utilizó tres ecotipos de cañihua recolectadas del distrito de Kelluyo. Cuyo detalle es el siguiente:

Variedades:

- a) *Chenopodium canihua* Cook var Cupi
- b) *Chenopodium canihua* Cook var Ramis
- c) *Chenopodium canihua* Cook var Illpa INIA 406

Ecotipos:

- a) *Chenopodium canihua* Cook Ecotipo Amarillo
- b) *Chenopodium canihua* Cook Ecotipo Rojo
- c) *Chenopodium canihua* Cook Ecotipo Rosado

3.7.2. Materiales de campo y de gabinete

Para desarrollar la fase de campo de utilizo los siguientes materiales:

- a) Pico
- b) Madera en forma de “V”
- c) Tijeras
- d) Bolsas de polietileno
- e) Plantillas de evaluación
- f) Papel sobre manila grande
- g) Otros

3.7.3. Tratamientos en estudio

En la Tabla 3, se puede apreciar la distribución de tratamientos en estudio de tres variedades y tres ecotipos.

Tabla 3. Tratamientos en estudio y procedencia

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN	PROCEDENCIA
T - 1	var Cupi	INIA – PUNO
T - 2	var Ramis	INIA – PUNO
T - 3	var Illpa INIA 406	INIA – PUNO
T - 4	Ecotipo Amarillo	Dist. Kelluyo
T - 5	Ecotipo Rojo	Dist. Kelluyo
T - 6	Ecotipo Rosado	Dist. Kelluyo

3.7.4. Diseño experimental y prueba estadística

Para las evaluaciones en la etapa de laboratorio, se utilizó un Diseño Completo al Azar (DCA), con seis tratamientos y cuatro repeticiones haciendo un total de 24 unidades experimentales. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Tabla 4. Diseño experimental para la etapa de Laboratorio

FUENTE DE VARIABILIDAD	GRADOS DE LIBERTAD
Variedad/Ecotipo	5
Error experimental	18
Total	23

Cuyo modelo estadístico lineal es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = respuesta del i-ésimo tratamiento.

μ = media general

α_i = efecto del i-esimo variedad o Ecotipo $i=1, \dots, a$

E_{ij} = es el efecto del error experimental en el i-esimo variedad o Ecotipo j-esima repetición.

Para evaluar los datos en la etapa de campo, se utilizó un Diseño Bloque Completo al Azar (DBCA), con seis tratamientos y tres repeticiones haciendo en total 18 unidades

experimentales, para la comparación medias se utilizó el método Tukey ($p < 0.05$). También se evaluó el factor Vigor de las semillas, las cuales se separaron por tipo de vigor: alto Vigor, Mediano Vigor y Bajo Vigor.

Tabla 5. Diseño Experimental para la fase de campo

FUENTE DE VARIABILIDAD	GRADOS DE LIBERTAD
Bloque	2
variedad/Ecotipo	5
Error experimental	10
Total	17

Cuyo modelo estadístico lineal es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = respuesta del i-esimo tratamiento en el j-esimo bloque

μ = media general

α_i = efecto del i-esimo variedad o Ecotipo $i=1, \dots, a$

β_j = efecto del j-esimo bloque $j=1, \dots, b$

E_{ij} = es el efecto del error experimental en el i-esimo variedad o Ecotipo en el j-esimo bloque.

3.7.5. Características del campo experimental

Las características del siguiente trabajo de investigación son las siguientes:

Unidad experimental

- Largo de la unidad experimental: 2 m
- Ancho de la unidad experimental: 2.5 m
- Área de la unidad experimental: 5 m²
- Número de parcelas por bloque: 6
- Número total de parcelas: 18

Bloques

- Número de bloques: 3
- Largo de bloque: 9 m

- Ancho de bloque: 5 m
- Área del bloque: 45 m²
- Distancia entre bloques 1 m

Campo experimental

- Largo: 25 m
- Ancho: 6 m
- Área del campo experimental: 150 m²

3.8. METODOLOGÍA EN CAMPO

3.8.1. Prueba de vigor en campo

El vigor que posee la semilla, es al brotar sobre la superficie del suelo, lo que constituye la fuerza con la cual emerge, ésta proviene del albumen o endospermo. Es decir, toda semilla posee la energía suficiente para formar la plántula y asegurar su supervivencia.

En el presente trabajo de investigación se realizó el seguimiento de plantas previamente seleccionadas e identificadas, teniendo en cuenta su comportamiento durante todo el ciclo biológico del cultivo, para así determinar el vigor (alto vigor, mediano vigor y bajo vigor).

3.8.2. Preparación del terreno

La preparación del terreno consistió en la limpieza de rastrojos y residuos vegetales de la cosecha anterior (papa). Posteriormente se realizó el roturado del suelo con maquinaria agrícola (a 20 cm de profundidad), también se realizó el mullido después de 10 días del roturado y finalmente se realizó la demarcación del sitio experimental de acuerdo al croquis.

3.8.3. Siembra

La siembra se realizó el 20 de octubre del año 2018. El método de siembra fue a chorro continuo, con un distanciamiento entre surcos de 0.5 metros y una profundidad uniforme de 2 cm, el cual se logró con una barra en forma de “V”, con un nivel en su parte basal. La cantidad de semilla para tratamiento se calculó según a los resultados de valor cultural, el cual se detalla en la Tabla 6.

También se menciona que se efectuó cálculo de valor cultural (VC) de la semilla, para cada tratamiento en estudio, esto hace que la cantidad de semilla para cada tratamiento sea diferente al momento de la siembra, como se puede apreciar en la Tabla 6.

Para el tratamiento 1.

VC = 94.7%

Tamaño de parcela 5 m²

Densidad de siembra general = 8 Kg/Ha

$$8\text{Kg} \text{ ----- } 10000\text{m}^2$$

$$X \text{ ----- } 5 \text{ m}^2$$

$$X = 4 \text{ g/ parcela}$$

Falta el 5.3% para que sea el 100% de las semillas viables

$$4\text{g} \text{ ----- } 100\%$$

$$X \text{ ----- } 5.3\%$$

$$X = 0.21 \text{ g}$$

Entonces, sumamos 4g más 0.21g, el cual resulta 4.21 g, cantidad que se utilizó para el tratamiento 1.

De la misma manera se realizó para los tratamientos 2, 3, 4, 5 y 6; que muestran los resultados en la Tabla 6.

Tabla 6. Cantidad de semilla de cada tratamiento por parcela.

Tratamiento	Cantidad de semilla
T1	4.19 g/parcela
T2	4.30 g/parcela
T3	4.25 g/parcela
T4	5.21 g/parcela
T5	6.39 g/parcela
T6	4.69g/parcela

3.8.4. Selección de plantas en emergencia

Después de los seis días de la siembra, empezaron a emerger las primeras plántulas y de acuerdo al vigor que poseían, se identificó las plantas. Como muestra se tomó tres surcos del medio de los cinco que existen en una parcela, considerando el efecto borde.

La identificación del vigor de la planta, se clasificó en una escala cualitativa con tres niveles jerárquicos, cuyo detalle es el siguiente:

- **Plantas de alto vigor:** Se identificaron a aquellas plántulas que emergieron después del 6° y 7° día después de la siembra y con un anillo de color rojo.
- **Plantas de mediano vigor:** Se identificaron a aquellas plántulas que emergieron después del 8° al 9° día después de la siembra y con un anillo de color amarillo.

- **Plantas de bajo vigor:** Se identificaron a aquellas plántulas que emergieron después del 10º día después de la siembra a más, con un anillo de color verde.

3.8.5. Escarda

La escarda se realizó a los 40 y 120 días después de la siembra, cuidadosamente se retiró las malezas presentes en el cultivo, asimismo se realizó el aporque respectivo para asegurar la sobrevivencia de cada planta cultivada.

Principales especies vegetales consideradas como malezas:

- a) “Amor seco” (*Bidens pilosa*)
- b) “Malva K’ora” (*Malvastrum capitatum*)
- c) “Nabo silvestre” (*Brassica campestris*)
- d) “Sara sara” (*Paspalum pigmaeum*)
- e) “Auja – auja” (*Erodium cicutarium*)
- f) “Soclla” (*Bromus unioloides*)
- g) “Bolsa de pastor” (*Capsella bursa-pastoris*)
- h) “Misiko” (*Bidens andicola*)

3.8.6. Identificación y control de plagas y enfermedades

Durante el desarrollo del cultivo, se registraron superficialmente algunas plagas y enfermedades, tales como:

Mildiu (*Peronospora farinosa*).- Se presentó en el mes de enero del 2019 en la etapa fisiológica de ramificación hasta el inicio de floración, está a consecuencia del veranillo de una semana; sin embargo no causó ningún daño al cultivo.

Chinche (*Nysius simulans*).- Se presentó en la etapa fisiológica de grano pastoso hasta la madurez fisiológica; sin embargo no causó ningún daño, y no se realizó ningún tipo de control.

Pulgón (*Macrosiphum euphorbiae*).- Se presentó en la etapa de madurez fisiológica, puesto que debido al ataque de esta plaga también se realizó la actividad de la cosecha. La plaga no causó daños considerables en la producción del cultivo de cañihua.

3.8.7. Seguimiento de plantas seleccionadas

Durante todo el proceso de la investigación se realizó el seguimiento a las plantas seleccionadas según los parámetros de evaluación.

3.8.8. Cosecha

La cosecha fue el 6 de abril del 2019, se realizó de manera de tradicional, con la ayuda de la hoz, las plantas se cortaron a 4 cm del cuello de la planta. Las plantas cosechadas se colocaron en un sobre manila debidamente identificadas.

3.8.9. Post cosecha

La labor de post cosecha fue en un periodo de 15 días, se realizó la trilla y el venteo de las semillas.

3.9. MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DE VARIABLES DE RESPUESTA

3.9.1. Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento se evaluó a partir de los 7 días después de la siembra. Se registró los datos de altura de planta en relación con el tiempo de desarrollo y su fase fenológica.

3.9.2. Altura de planta

La altura de planta se realizó midiendo la distancia entre el cuello de la planta y el ápice de misma. La evaluación se realizó en la etapa de madurez fisiológica.

3.9.3. Número de ramas por planta

El número de ramas por planta, se evaluó registrando el número de ramas presentes en cada planta, de acuerdo al tipo de vigor, la evaluación realizó en la etapa de madurez fisiológica.

3.9.4. Peso de granos por planta

El peso de granos por planta se evaluó después de la trilla manual, se pesó la cantidad de granos en una balanza electrónica de cada planta seleccionada por cada tratamiento.

3.9.5. Peso de biomasa

La evaluación de peso de biomasa de la planta, se realizó en la etapa de madurez fisiológica. Con la ayuda de una tijera se procedió a cortar en el cuello de la planta y luego se colecto en un sobre manila debidamente codificado, para después pesar en dos partes: broza y grano.

3.9.6. Índice de cosecha (IC)

Se define como la relación entre peso de los granos libre de impurezas y el peso total de la planta (tallo, hojas y grano). El cual determina el porcentaje de frutos cosechables y si es rentable en comparación a otros cultivos; Para determinar este parámetro se utilizó la siguiente formula:

$$IC = \frac{\text{Peso de granos}}{\text{peso total de la planta}}$$

3.10. OBSERVACIONES

- ✓ Análisis físico – químico del suelo
- ✓ Descripción de malezas
- ✓ Descripción de plagas y enfermedades
- ✓ Valor cultural
- ✓ Energía germinativa

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. FASE DE LABORATORIO

4.1.1. Pureza física (%)

La Tabla 7, muestra los resultados del porcentaje de pureza física de los tratamientos en estudio, evaluados en el Laboratorio de Análisis de Semilla (LAS) de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno; esta variable se evaluó de manera descriptiva. El porcentaje de pureza física de las semillas de cañihua procedentes del INIA –Illpa Puno, en sus variedades oscilan entre 99.4 a 98.0 % de pureza física, esto se atribuye, a que las semillas fueron seleccionadas y pertenecen a la categoría de certificadas; en cambio las semillas de cañihua procedentes del distrito de Kelluyo en sus diversos ecotipos oscilan entre 90.6 a 88.3 % de pureza física los cuales demuestran una baja pureza física, esto se debe a que probablemente la semillas no fueron seleccionadas por los productores de la zona.

Tabla 7. Porcentaje de pureza física de semilla de cañihua de seis tratamientos en estudio

PROCEDENCIA	TRATAMIENTO	Var /Eco	PUREZA FÍSICA (%)
INIA – PUNO	T - 1	CUPI	99.4
INIA – PUNO	T - 2	RAMIS	98.0
INIA – PUNO	T - 3	ILLPA INIA 406	98.0
Dist. Kelluyo	T - 4	AMARILLO	90.6
Dist. Kelluyo	T - 5	ROJO	85.2
Dist. Kelluyo	T - 6	ROSADO	88.3

La parte de otras semillas consistió en separar las semillas de cañihua con otras especies, entre las cuales se encontró:

1. “Nabo silvestre” (*Brassica napus*)
2. “Amor seco” (*Bidens pilosa*)
3. “Auja auja” (*Erodium cicutarium*)

Por otro lado, también se considera como impureza física al material inerte, entre los cuales se encontró: Arena, tierra, brozas y otros órganos vegetales de la planta como son restos de tallos y hojas.

4.1.2. Peso de 1000 semillas

Según ISTA (2016), indica la metodología para evaluar el peso de 1000 semillas, donde se detalla a continuación: se toma una muestra de 100 semillas con 8 repitiendo, el mismo se saca el promedio luego se multiplica por 10, procedimiento que se siguió para determinar cada tratamiento en estudio. Los resultados se muestran en la Figura 9 que se detalla a continuación:

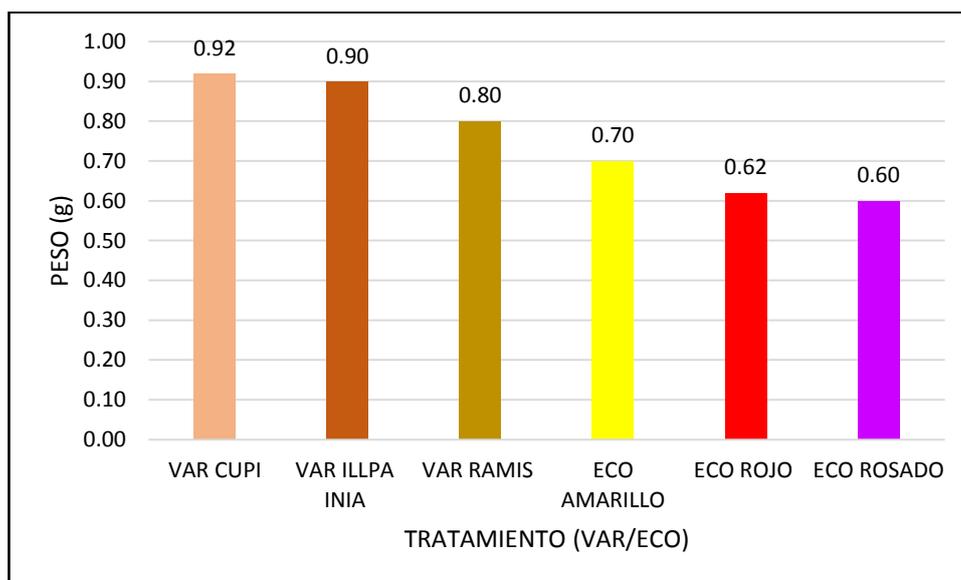


Figura 9. Resultados del peso de 1000 semillas

La Figura 9, muestra el peso de 1000 semillas, destacando que la variedad Cupi presentó un mayor peso de 1000 semillas con 0.92 g. esto se atribuye a la buena pureza física y también demuestra que la semilla botánica llegó al punto óptimo de madurez fisiológica; luego continúan los pesos de 0.9 y 0.8 g. que corresponden a las variedades Illpa INIA 406 y Ramis respectivamente, y en los últimos lugares están los ecotipos de Kelluyo con una variación de 0.6g a 0.7 g, esto respondería a la falta de conocimiento de tecnología de producción de semillas por parte de los productores del distrito de Kelluyo.

Macuchapi (2017), reporta que el peso de mil semillas de Cañihua varía entre 0.66 g. y 0.85 g. al comparar estos valores con los resultados obtenidos en la presente investigación se asemejan muy cercanamente, puesto que la variedad Cupi su peso de mil semillas es 0.91 g, seguido por la variedad Illpa INIA 406 con 0.90 g. y la variedad Ramis con 0.81 g; posteriormente siguen los ecotipos Amarillo, Rosado y Rojo respectivamente.

Al respecto, Apaza (2010), afirma que, el peso de mil granos de semilla de la variedad Cupi es de 0.55 g; de la variedad Ramis 0.86 g. y de la variedad Illpa INIA es 0.53 g; estos reportes son ligeramente inferiores a lo obtenido en la presente investigación.

4.1.3. Tamaño de la semilla

La Figura 10, muestra el tamaño de la semilla de cañihua, el cual se determinó a través de la medición directa cuantitativa, usando un micrómetro digital, con el cual se determinó dos medidas: la longitud (L) y el espesor (E). Las características de la semilla botánica de cañihua en el parámetro de longitud (L) es 1.562 mm.

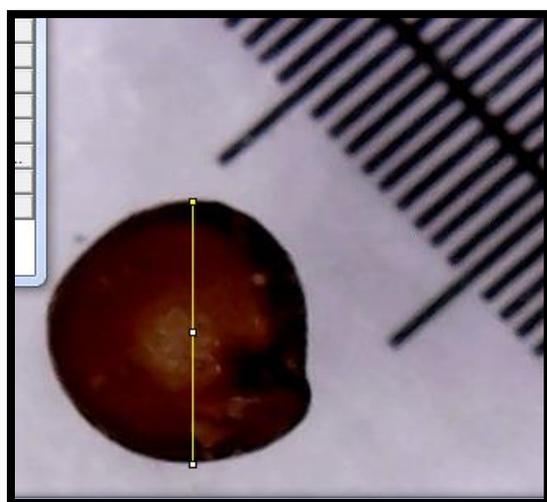


Figura 10. Longitud de la semilla de cañihua var. cupi

La Figura 11, muestra el espesor (E) de la semilla botánica de cañihua de la variedad Cupi, cuyo espesor fue 1.036 mm.

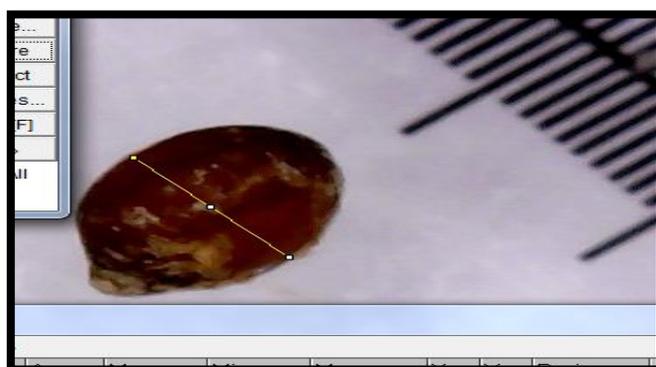


Figura 11. Vista superior de la semilla de cañihua

4.1.4. Porcentaje de germinación

La Tabla 8, muestra el Análisis de Varianza para el porcentaje de germinación de semillas de cañihua, los datos expresados en porcentaje fueron transformados a datos numéricos al arco seno. Para la fuente de variabilidad entre tratamientos existe una alta diferencia significativa, esto da a entender que al menos una variedad o algún ecotipo es diferente estadísticamente respecto a los demás, esto respondería a que las semillas puestas en estudio presentan una variabilidad germinativa. El Coeficiente de Variabilidad es 5.06 % valor aceptable para trabajos de investigación en condiciones de laboratorio según (Vásquez 1990).

Tabla 8. Análisis de Varianza para el porcentaje de germinación en condiciones de laboratorio

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Tratamientos	5	3961.55631	792.311262	64.97	2.77	4.25	**
Error Experimental	18	219.503413	12.194634				
TOTAL	23	4181.05972					

CV: 5.06 % $\bar{X} = 68.9 \%$

La Tabla 9, muestra las comparaciones de promedios de Tukey ($P < 0.05$) para el porcentaje de germinación; siendo los tratamientos 3 (var Illpa INIA 406), tratamiento 1 (var Cupi), tratamiento 2 (var Ramis) y tratamiento 6 (Eco Rosado) los que presentaron un mayor porcentaje de germinación 78.2%, 78.1%, 76.5% y 76.1% respectivamente; estos valores son estadísticamente iguales, pero diferentes con los tratamientos 4 (Eco. Amarillo) y el tratamiento 5 (Eco. Rojo) cuyos porcentajes de germinación fueron de 61.3% y 43.4% respectivamente.

Las variedades procedentes del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) son los que poseen mayor porcentaje de germinación en comparación a los tratamientos procedentes del Distrito de Kelluyo, esto podría atribuirse a que los productores de la zona desconocen las técnicas de clasificación y selección de semillas, además los granos cosechados corresponden a la anterior campaña agrícola (2017-2018). En cambio, las variedades procedentes del INIA dada su alta germinación son semillas de calidad, las que fueron seleccionadas con el personal capacitado, además cuentan con equipos (mesa de gravedad) que garantizan la calidad de las semillas. Según, Bauger (2003), menciona

que el atraso de la cosecha afecta negativamente la calidad fisiológica de la semilla. Por lo que se puede considerar como un factor que influye en la calidad de la semilla.

Tabla 9. Comparación de promedios de Tukey ($P < 0.05$) de porcentaje de germinación en condiciones de laboratorio

Orden de Merito	Tratamientos	Var/Eco	Germinación (%)	Sig.
1	T - 3	var Ilpa INIA 406	78.23	a
2	T - 1	var Cupi	78.16	a
3	T - 2	var Ramis	76.57	a
4	T - 6	Eco Rosado	76.11	a
5	T - 4	Eco Amarillo	61.38	b
6	T - 5	Eco Rojo	43.40	c

Los resultados del presente trabajo de investigación son ligeramente menores a lo reportado por Nina (2014), indicando que el porcentaje de germinación varía entre 91.50% hasta 88.50%; Por otro lado, Apaza (2010) sostiene que, el porcentaje de germinación debe ser mayor al 80%, para brindar una buena emergencia de plantas en el campo. En nuestro caso el porcentaje de germinación fue mejor en las variedades comerciales procedentes del INIA; en cambio, en los ecotipos locales procedentes del distrito de Kelluyo reportaron menor porcentaje de germinación.

4.1.5. Valor cultural

La Tabla 10, muestra el análisis de varianza para el valor cultural de la semilla, en donde se aprecia que para la fuente de variabilidad tratamientos existe una diferencia altamente significativa, indicándonos que el valor cultural de la semilla difiere entre las variedades y ecotipos de cañihua en estudio. El coeficiente de variabilidad fue de 4.5%, valor aceptable para las condiciones de laboratorio (Vásquez, 1990).

Tabla 10. Análisis de varianza para valor cultural de la semilla

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft. 0.05	Ft. 0.01	Sig.
Tratamientos	5	4293.85696	858.771392	103.34	2.77285	4.24788	**
Error Experimental	18	149.58223	8.310124				
Total	23	4443.43919					

$$CV = 4.5 \% \quad \bar{x} = 77.88 \%$$

La Tabla 11, muestra las comparaciones de promedios de Tukey ($P < 0.05$) para el valor cultural de la semilla, denotando que los altos porcentajes de valor cultural corresponden al tratamiento 1 (var Cupi); tratamiento 3 (var Illpa INIA 406) y tratamiento 2 (var Ramis), con 94.74; 93.71 y 92.39% respectivamente. El más bajo valor del porcentaje de valor cultural corresponde al tratamiento 5 (Ecotipo rojo) con un promedio de 40.21%.

Tabla 11. Prueba de comparación de promedios de Tukey ($P < 0.05$) de valor cultural de la semilla

Orden de mérito	Tratamiento	Var /Eco	Valor cultural (%)	Sig.
1	T - 1	var. cupi	94.74	a
2	T - 3	var. Illpa INIA 406	93.71	a
3	T - 2	var. Ramis	92.39	a
4	T - 6	Eco. Rosado	76.36	b
5	T - 4	Eco. Amarillo	69.90	b
6	T - 5	Eco. Rojo	40.21	c

Al respecto Chagua (2018) en su trabajo de investigación en semillas de quinua (*Chenopodium quinoa*) reporta valores de valor cultural de la semilla entre 68 a 83 %, siendo la cañihua una especie que pertenece a la misma familia, los valores encontrados en el presente trabajo de investigación se asemejan a mencionados valores.

4.1.6. Energía germinativa

La Tabla 12, muestra el análisis de varianza para la energía germinativa, en donde para la fuente de variabilidad tratamientos, expresa una diferencia altamente significativa, señalando que la energía germinativa de las semillas es heterogénea, es decir, alguna de las variedades o ecotipos sobresalen con altos porcentajes de energía germinativa. El coeficiente de variabilidad fue de 6.24%, valor aceptable para trabajos de investigación a nivel de laboratorio según (Vásquez 1990).

Tabla 12. Análisis de varianza para energía germinativa de la semilla

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig
Tratamientos	5	4293.856	858.77139	103.3	2.77285	4.24788	**
Error experimental	18	149.5822	8.310124				
Total	23	4443.439					

$$CV = 6.24 \% \quad \bar{x} = 81.62\%$$

La Tabla 13, muestra las comparaciones de promedios de Tukey ($P < 0.05$) para la energía germinativa de las semillas, en donde se aprecia que los más altos porcentajes de energía germinativa corresponden al tratamiento 3 (var Illpa INIA 406); tratamiento 1 (var Cupi) y Tratamiento 2 (var Ramis), con 94.75; 93.75 y 93% respectivamente; son considerados de buena calidad debido a que los valores encontrados son mayores que 67 %. En cambio, el más bajo porcentaje de energía germinativa corresponde al tratamiento 5 (Ecotipo Rojo) con 41.25%, es considerado como de mala calidad debido a que el valor encontrado es menor que 67 %.

En consecuencia, la mayor velocidad de germinación y la rapidez de la semilla para desarrollar una planta normal, corresponden a las variedades comerciales de cañihua, es decir, este parámetro, según Borrajo, (2006), indica que la energía germinativa es muy útil por que brinda una información de la cantidad de la semilla que rápidamente emergerá en el campo minimizando las pérdidas de semillas por factores externos.

Tabla 13. Prueba de comparación de promedios de Tukey ($P < 0.05$) para energía germinativa de las semillas

Orden de mérito	Tratamiento	Var/Eco	Energía germinativa (%)	Sig.
1	T - 3	var Illpa INIA 406	94.75	a
2	T - 1	var Cupi	93.75	a
3	T - 2	var Ramis	93.00	a
4	T - 6	Eco. Rosado	91.25	a
5	T - 4	Eco. Amarillo	75.75	b
6	T - 5	Eco. Rojo	41.25	c

Al respecto (Aroni *et al.*, (2009) citado por Chagua (2018)) menciona que, la energía germinativa de la semilla es directamente proporcional al tamaño de la semilla, también menciona que la energía germinativa o velocidad de germinación están relacionados a los factores que intervienen en el proceso de germinación de las semillas.

4.2. FASE DE CAMPO

4.2.1. Tasa de crecimiento (cm/día)

La Tabla 14, muestra el Análisis de Varianza para la tasa de crecimiento de plantas de Cañihua con Alto Vigor; en donde, para la fuente de variabilidad bloque se encontró que no existe diferencia estadística significativa, es decir, las características topográficas y ambientales del suelo experimental, fueron homogéneas, lo cual respondería a las mismas condiciones de humedad de suelo en el terreno experimental, puesto que también, en el ciclo biológico del cultivo, la presencia de la precipitación pluvial fue homogénea. Así mismo, para el factor tratamientos, se encontró estadísticamente una diferencia altamente significativa, lo cual nos indica que las variedades y ecotipos que se estudiaron presentaron diferentes tasas de crecimiento y alguno de ellos destaca por su velocidad de crecimiento vegetal. El Coeficiente de variabilidad fue de 7.16%, lo que indica un nivel aceptable de confiabilidad estadística en condiciones de campo experimental. (Vásquez, 1990).

Tabla 14. Análisis de Varianza para la tasa de crecimiento de plantas de cañihua con Alto Vigor

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Bloques	2	0.0036777	0.0018388	3.84	4.1	7.56	ns
Tratamientos	5	0.0197777	0.0039555	8.26	3.33	5.64	*
Error	10	0.0047888					
Experimental							
Total	17	0.0282444					

CV: 7.16 $\% \bar{X} = 0.31 \frac{cm}{dia}$

La Tabla 15, muestra la comparación de promedios de la tasa de crecimiento para las plantas de cañihua con Alto Vigor, resultando que el tratamiento 1 (var Cupi), tratamiento 3 (var Illpa INIA 406) y tratamiento 5 (Eco. Rojo) presentaron promedios de 0.35, 0.32 y 0.32 cm/día de tasa de crecimiento respectivamente, además estadísticamente son similares, pero diferente al tratamiento 2 (var Ramis) y al tratamiento 4 (Eco Amarillo) que entre si son estadísticamente iguales, pero también diferente con el tratamiento 6 (Eco. Rosado) con 0.26 cm/día de tasa de crecimiento. En consecuencia, las variedades Cupi e Illpa INIA 406, mostraron una mayor velocidad de crecimiento esto probablemente a sus características morfológicas de los órganos vegetales.

Tabla 15. Comparación de promedios de Tukey (P< 0.05) para tasa de crecimiento para plantas de Alto Vigor.

Orden de Merito	Tratamiento	Var/Eco	Tasa de Crecimiento (Cm/día)	Sig.
1	T - 1	var Cupi	0.35	a
2	T - 3	var Illpa INIA 406	0.33	a b
3	T - 5	Eco. Rojo	0.32	a b
4	T - 2	var Ramis	0.28	b c
5	T - 4	Eco. Amarillo	0.28	b c
6	T - 6	Eco. Rosado	0.26	c

Al respecto, Craviotto *et al* (2010), indican que cuando la semilla emerge en forma rápida y uniforme, estas semillas corresponden a su buen vigor, Tal como se encontró en el presente trabajo.

Esta afirmación también corrobora Francomano (2012), manifestando que, las semillas de alto vigor tienen la posibilidad de garantizar una germinación y emergencia a campo más rápido y uniforme. Esta ventaja competitiva de la semilla de alta calidad con alto poder germinativo y alto vigor, está en el hecho de poseer un sistema radicular más

desarrollado que mejora la captación de agua y la absorción de nutrientes en el suelo, lo que involucra un mejor desarrollo de la planta.

La Tabla 16, representa el Análisis de Varianza para la tasa de crecimiento de plantas de Cañihua con Mediano Vigor, en donde nos muestra que para bloques no existe diferencia estadística significativa, indicando la homogeneidad del suelo. En el factor tratamientos tampoco se encontró una diferencia estadística significativa, es decir, las plantas de cañihua con mediano Vigor crecen simultáneamente no existiendo diferencias, esto podría atribuirse a que las semillas de mediano vigor tuvieron un tamaño uniforme de semillas. El coeficiente de variabilidad es de 8.93%, lo que indica un nivel aceptable de confiabilidad estadística en condiciones de campo experimental (Vásquez, 1990).

Tabla 16. Análisis de Varianza para tasa de Crecimiento de plantas de Cañihua con Mediano Vigor

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Bloques	2	0.00163333	0.00081667	1.99	4.1	7.56	ns
Tratamientos	5	0.00346667	0.00069333	1.69	3.33	5.64	ns
Error Experimental	10	0.0041	0.00041				
Total	17	0.0092					

CV: 8.93 % $\bar{X} = 0.23$ cm/día

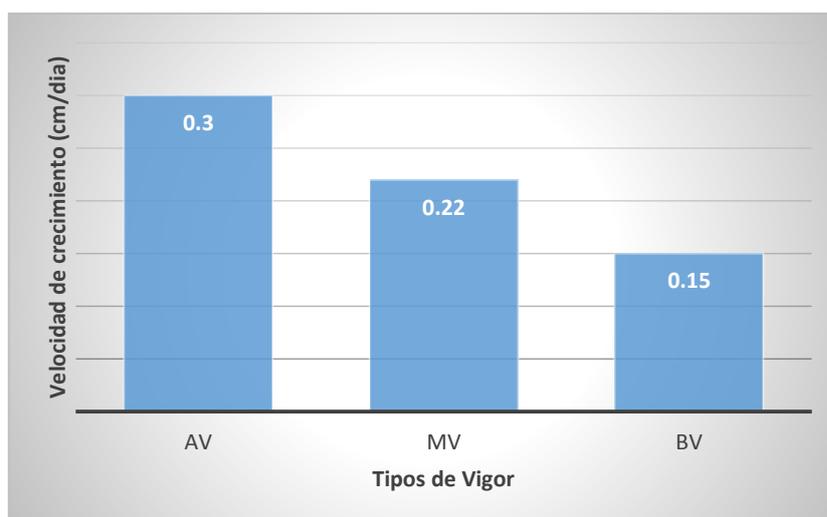
La Tabla 17, muestra el Análisis de Varianza para la tasa de crecimiento de plantas de Cañihua con Bajo Vigor, donde nos muestra que, para la fuente de variabilidad de bloques, no existe diferencia estadística significativa, es decir, las características del suelo experimental fueron homogéneos. De igual manera, para el factor tratamientos, no se encontró diferencia significativa, es decir, el crecimiento de las plantas fue homogéneo, esto podría atribuirse, a que las semillas de las plantas de bajo vigor, presentaron semillas con escasa reserva de carbohidratos en el albumen, lo cual limitó su crecimiento vegetativo. El coeficiente de variabilidad es de 13.3%, indicando un nivel aceptable de confiabilidad estadística en las condiciones de campo experimental (Vásquez, 1990).

Tabla 17. Análisis de Varianza para Velocidad de Crecimiento de plantas de Cañihua con Bajo Vigor

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft 0.01	Ft 0.05	Sig.
Bloques	2	0.003411111	0.00170556	3.77	4.1	7.56	ns
Tratamientos	5	0.002844444	0.00056889	1.26	3.33	5.64	ns
Error Experimental	10	0.004522222	0.00045222				
Total	17	0.01077778					

CV: 13.3 % $\bar{X} = 0.15 \frac{\text{cm}}{\text{día}}$

La Figura 12, muestra los promedios de la tasa de crecimiento para los seis tratamientos en estudio, indicando la homogeneidad de crecimiento estadísticamente; pero, existe una diferencia numérica entre los promedios de tasa de crecimiento entre las plantas con Alto vigor, Mediano vigor y Bajo vigor con promedios de 0.30, 0.22 y 0.15 cm/día respectivamente.

**Figura 12.** Comparación de la tasa de crecimiento de plantas con tres tipos de vigor

La Figura 13, representa la curva de crecimiento vegetativo de la planta de Cañihua, donde se puede observar que en la etapa fisiológica de Formación de inflorescencia hasta la etapa fisiológica de floración tiene un mayor crecimiento el cual dura aproximadamente 18 días.

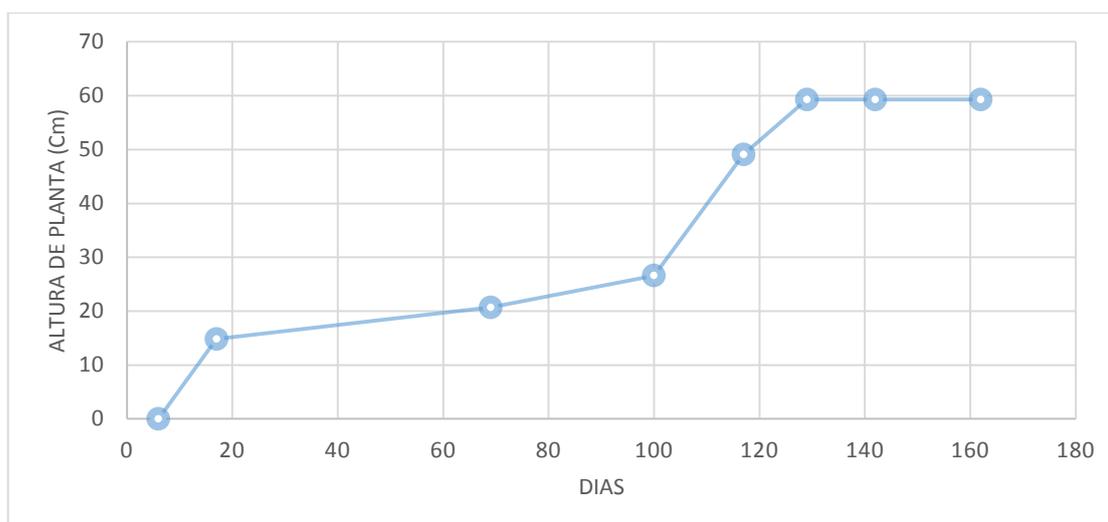


Figura 13. Curva de Crecimiento de la Cañihua

4.2.2. Altura de planta (cm)

La Tabla 18, muestra el Análisis de Varianza para la altura de planta, con Alto Vigor. Este análisis nos muestra que para el efecto bloque es no significativo, lo que indica que las características del suelo experimental fueron homogéneos, esto respondería también a que la precipitación pluvial fue igual para todos los bloques; el análisis de varianza también indica que para los tratamientos, existe una diferencia altamente significativa, lo cual señala que la altura de planta entre variedades y ecotipos de cañihua difieren entre sí, siendo además alguno de ellos con mayor altura de planta. El coeficiente de variabilidad es 7.23 %, lo cual nos indica un nivel aceptable de confiabilidad estadístico para las condiciones de campo (Vásquez, 1990).

Tabla 18. Análisis de Varianza para altura de plantas de cañihua con Alto Vigor

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Bloques	2	91.0273	45.51365	3.54	4.1	7.56	ns
Tratamientos	5	519.365317	103.873063	8.07	3.33	5.64	**
Error Experimental	10	128.637233					
Total	17	739.02985					

CV: 7.23 % \bar{X} = 49.55 cm

La Tabla 19, muestra la comparación de promedios de Tukey ($P < 0.05$) para la altura de plantas con Alto Vigor, donde las mayores alturas de planta corresponden al tratamiento 1 (var Cupi), al tratamiento 3 (var Illpa INIA 406) y al tratamiento 5 (Eco. Rojo) que presentaron promedios de 57.7, 53.3 y 52.6 cm. de altura de planta respectivamente, siendo estos estadísticamente iguales, pero diferente al tratamiento 4 y al tratamiento 2. Las menores alturas de planta corresponden al tratamiento 4 (Eco amarillo) con 45.80 cm, y

al tratamiento 2 (var Ramis) con 45.33 cm. Siendo, además, la menor altura de todas las plantas el tratamiento 6 (Eco. Rosado) con promedio 42.4 cm de Altura de planta.

Tabla 19. Comparación de Promedios de Tukey ($P < 0.05$) para Altura de Planta con Alto Vigor

Orden de Merito	Tratamiento	Var/Eco	Altura de Planta (Cm)	Sig.
1	T - 1	var Cupi	57.70	a
2	T - 3	var Illpa INIA 406	53.39	a b
3	T - 5	Eco. Rojo	52.65	a b
4	T - 4	Eco. Amarillo	45.80	b c
5	T - 2	var Ramis	45.33	b c
6	T - 6	Eco. Rosado	42.44	c

La Tabla 20, muestra el Análisis de Varianza para la altura de planta con Mediano Vigor. El análisis revela que para el efecto bloque no existe diferencia significancia, es decir, las características de los suelos, el medio ambiente, fueron homogéneos para todos los bloques. Asimismo, para el factor tratamiento, estadísticamente no se encontró diferencias significativas, lo que pone de manifiesto que las características del crecimiento de la planta fueron iguales, Al existir la homogeneidad de altura de planta con Mediano Vigor, no se realizó la prueba de comparación. El Coeficiente de Variabilidad es 8.70 %, el cual nos indica que los datos tomados están dentro de los rangos aceptables de confiabilidad estadística (Vásquez, 1990).

Tabla 20. Análisis de Varianza para altura de plantas con Mediano Vigor

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Bloques	2	44.1156333	22.0578167	2.16	4.1	7.56	ns
Tratamientos	5	81.9259167	16.3851833	1.6	3.33	5.64	ns
Error Experimental	10	102.3105	10.23105				
Total	17	228.35205					

CV: 8.70 % $\bar{X} = 36.73\text{cm}$

La Tabla 21, muestra los valores del Análisis de Varianza para la altura de planta de Bajo Vigor. El análisis señala que para efecto bloque, no existe diferencia significativa. Es decir, el suelo experimental, la humedad del suelo, las características del suelo fueron similares en los tres bloques. Para el factor tratamientos, tampoco existe diferencia significativa, es decir, que las plantas de bajo vigor fueron homogéneas. El Coeficiente de Variabilidad es 12.40 %, el cual nos indica que los datos tomados están dentro de los rangos aceptables de su confiabilidad estadística (Vásquez, 1990).

Tabla 21. Análisis de Varianza para altura de planta de plantas con Bajo Vigor

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Bloques	2	87.0305444	43.5152722	4.32	4.1	7.56	ns
Tratamientos	5	73.1567111	14.6313422	1.45	3.33	5.64	ns
Error							
Experimental	10	100.795189	10.0795189				
Total	17	260.982444					

CV: 12.40 % $\bar{X} = 25.59\text{cm}$

Al respecto, Mujica *et al* (2002), mencionan que la altura de planta de cañihua en el altiplano varía entre 25 a 70 cm, dependiendo al tipo o hábito (variedad botánica) de crecimiento.

Por su parte, Nina (2014), asevera que la altura de planta varía entre 49.30 cm 48.85 cm en zonas áridas, también menciona que la altura de planta dependería de la mayor eficiencia en la absorción de nutrientes y agua del suelo.

Asimismo, Márquez (2015), explica que la variedad Illpa INIA 406 puede llegar a medir 72.5 cm de altura de planta en zonas áridas, también menciona que la altura de planta no tiene respuesta favorable en la floración, madurez de grano y el rendimiento de grano de cañihua. Estas características mencionadas por el autor no concuerdan con el presente trabajo de investigación.

Según, FAO (2000), reporta que, la cañihua es una planta terófito erguida o muy ramificada desde la base, de un porte entre 0.2 y 0.7 m. los valores obtenidos en la investigación se asemejan de dichos valores.

La Figura 14, muestra la curva de crecimiento correspondiente a plantas con Alto vigor; plantas con Mediano vigor y Plantas con Bajo vigor. Donde destaca que las plantas de alto vigor presentaron las mejores alturas de planta, llegando hasta 57.70 cm/planta. En cambio, las plantas de bajo vigor, presentaron los menores valores de altura de planta alcanzando solamente hasta los 25.59 cm/planta.

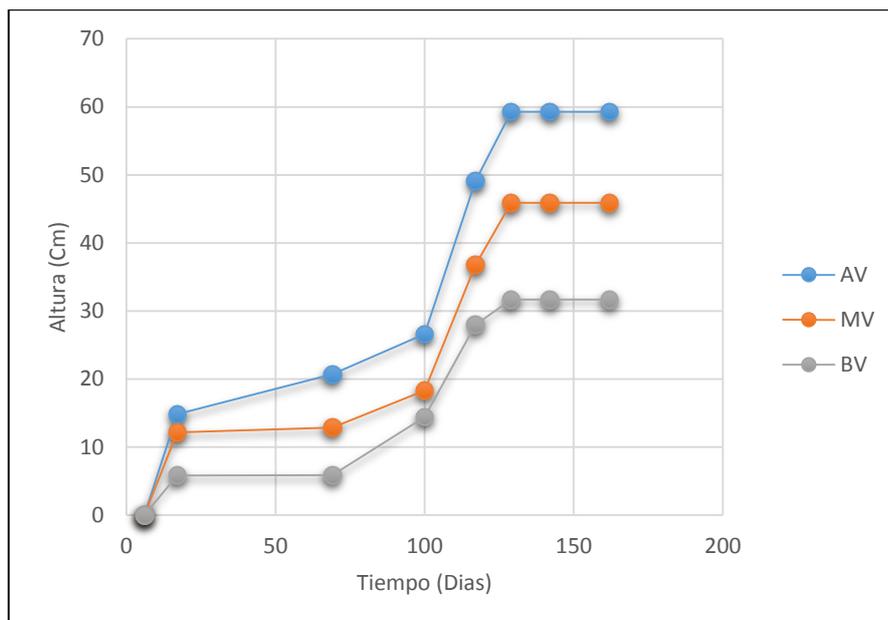


Figura 14. Curva de crecimiento de plantas de Cañihua con tres tipos de vigor

La Figura 15, muestra el promedio aritmético de la altura de planta que corresponden a: plantas con alto vigor; con mediano vigor y bajo vigor cuyos valores fueron: 49.55 cm; 36.73 cm y de 25.59 cm respectivamente. Estas diferencias de altura de planta denotan proporcionalmente que las plantas de alto vigor incrementaron su altura en 93.63% en comparación con las plantas de bajo vigor, lo que implica que las semillas de alto vigor generaron plantas de buen tamaño.

Comparando estos valores con trabajos similares con otras especies de plantas, Francomano (2012), reporta que, en el cultivo de soja, la altura de las plantas de alto vigor fue 12.80% mayor que las plantas originadas del lote de bajo vigor. Del cual se deduce, que las semillas con alto vigor, al ser sembradas producen plantas con mejores alturas, lo que significaría un mejor desarrollo vegetativo y un incremento en los rendimientos del grano.

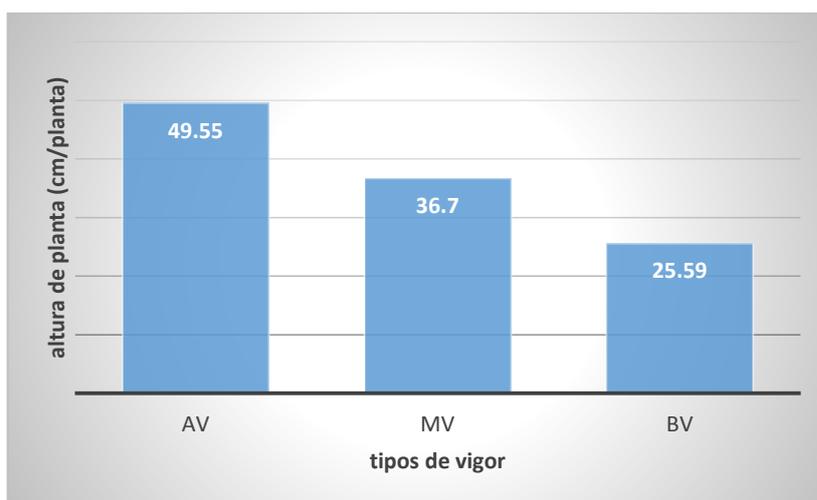


Figura 15. Comparación de promedios de altura de plantas de tres tipos de vigor

4.2.3. Número de ramas por planta

La Tabla 22, muestra los resultados del Análisis de Varianza para el número de ramas por planta, correspondiente a plantas de cañihua con Alto Vigor, el análisis muestra que para el factor bloques no existe diferencia significativa, lo que nos indica que el desarrollo de las plantas fueron en suelos homogéneos en los tres bloques. Para el factor tratamientos, tampoco existe diferencia significativa, es decir el número de ramas de los tratamientos en estudio fueron similares, esto respondería a que entre variedades y ecotipos poseen en promedio la misma cantidad de ramas por planta (justificando que en campo definitivo las plantas tuvieron unos desarrollos muy cercanos esto debido a la alta densidad de las mismas). El coeficiente de variabilidad es 7.22 %, lo cual indica el nivel aceptable de confiabilidad estadística (Vásquez, 1990).

Tabla 22. Análisis de Varianza de Numero de ramas por planta con Alto Vigor

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Bloques	2	0.37333333	0.18666667	0.22	4.1	7.56	ns
Tratamientos	5	12.6066667	2.52133333	2.99	3.33	5.64	ns
Error							
Experimental	10	8.42	0.842				
Total	17	21.4					

CV: 7.23% \bar{X} = 12.7

La Tabla 23, muestra el Análisis de Varianza para número de ramas por planta, que corresponden a plantas de Mediano Vigor. El Análisis muestra que para el factor bloques no existe diferencia significativa, lo que pone de manifiesto que, las características físicas y químicas del suelo fueron similares en todos los bloques. Pero para el factor tratamiento,

existe diferencia significancia, lo que nos indica que las plantas de mediano vigor en el número de ramas difieren entre sí, lo que respondería al hábito de crecimiento de las mismas. El coeficiente de variabilidad es de 8.28 %, lo que nos indica que existe nivel de confiabilidad estadística (Vásquez, 1990).

Tabla 23. Análisis de Varianza de Numero de Ramas por Planta con Mediano Vigor

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Bloques	2	2.78777778	1.39388889	2.46	4.1	7.56	ns
Tratamientos	5	25.2694444	5.05388889	8.91	3.33	5.64	*
Error							
Experimental	10	5.67222222	0.56722222				
Total	17	33.7294444					

CV: 8.28 % $\bar{X} = 9.09$

La Tabla 24, muestra un comparativo estadístico de los valores entre promedios para el número de ramas por planta según Tukey ($P < 0.05$), que corresponden a la categoría de plantas de mediano vigor. El mayor número de ramas por planta, resulto en el tratamiento 2 (var Ramis), en el tratamiento 3 (var Illpa INIA 406), en el tratamiento 6 (Eco. Rosado) y en el tratamiento 4 (Eco. Amarillo) con promedios de 10.3, 9.8, 9.6 y 9.5 ramas por planta respectivamente, siendo iguales estadísticamente entre estos dos últimos tratamientos. El menor número de ramas por planta fue en el tratamiento 1 (var Cupi) y en el tratamiento 5 (Eco. Rojo) con promedios 7.9 y 7.1 ramas por planta.

Tabla 24. Comparación de promedios de Tukey ($P < 0.05$) para número de ramas de plantas de mediano Vigor

Orden de Merito	Tratamiento	Var/Eco	N° ramas (N° ramas /planta)	Sig.
1	T - 1	var Ramis	10.3	a
2	T - 3	var Illpa INIA 406	9.8	a
3	T - 6	Eco. Rosado	9.6	a b
4	T - 4	Eco. Amarillo	9.5	a b
5	T - 2	var Cupi	7.9	c
6	T - 5	Eco. Rojo	7.1	c

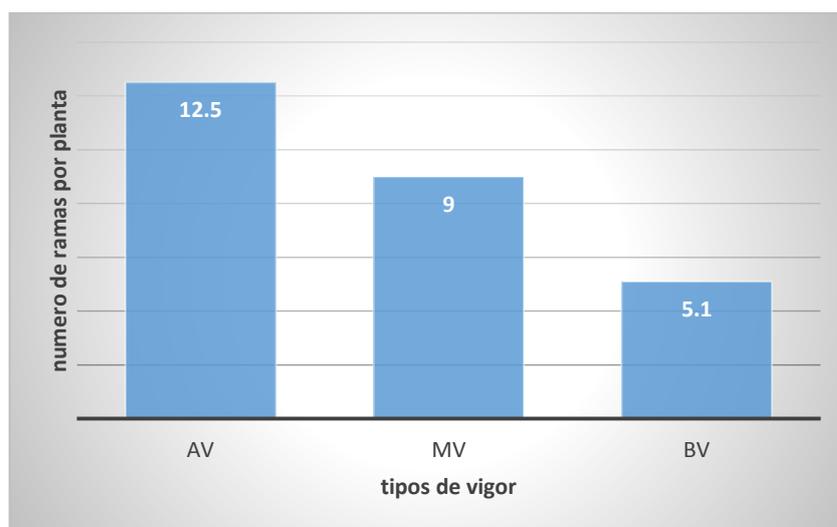
La Tabla 25, muestra el Análisis de Varianza para número de ramas por planta correspondiente a plantas con Bajo Vigor. El Análisis para el factor bloques, revela que no existe diferencia significativa, lo que indica que el número de ramas de plantas con bajo vigor son similares. De igual manera, para el factor tratamientos, no existe diferencia significativa, es decir, estadísticamente, el número de ramas por planta no influye en las líneas y ecotipos de cañihua. El coeficiente de variabilidad es de 9.48 %, el cual nos indica un nivel aceptable de confiabilidad estadística (Vásquez, 1990).

Tabla 25. Análisis de Varianza de Numero de Ramas por Planta para plantas con Bajo Vigor

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Bloques	2	0.19111111	0.09555556	0.4	4.1	7.56	ns
Tratamientos	5	2.03611111	0.40722222	1.69	3.33	5.64	ns
Error Experimental	10	2.40888889	0.24088889				
Total	17	4.63611111					

CV: 9.48% $\bar{X} = 5.17$

La Figura 16, muestra el comparativo del número de ramas en las plantas de cañihua con Alto Vigor, Mediano vigor y Bajo vigor. Cuyos valores fueron de 12.5; 9.0 y 5.1 respectivamente. Morfológicamente, se duplica el número de ramas en las plantas de alto vigor, en comparación con las de bajo vigor; este aspecto, implica que las plantas de alto vigor, al presentar un mayor número de ramas, existe un mayor número de hojas, lo que favorece a una mayor capacidad fotosintética para la síntesis biológica de las moléculas orgánicas para su metabolismo vegetal y la producción de granos.

**Figura 16.** Comparación de número de ramas a plantas de tres tipos de vigor

4.2.4. Peso de biomasa por planta (g)

La Tabla 26, muestra el Análisis de Varianza para peso de biomasa por planta correspondiente a plantas con Alto Vigor, El Análisis revela que para el factor bloques, existe diferencia altamente significativa, es decir, existe una variabilidad de peso de biomasa entre bloques, probablemente esto se atribuye al hábito de crecimiento que cada planta posee (saigua, lasta y pampa lasta), puesto que las plantas que pertenecen a la variedad botánica lasta, presentan mayor cantidad de ramificaciones (var Ramis).

Asimismo, para el factor tratamientos, se encontró una diferencia altamente significativa, es decir las variedades en estudio presentan diversos pesos de biomasa que difieren entre sí. El coeficiente de variabilidad es de 17.64 %, lo que nos indica que los datos presentan un nivel aceptable de confiabilidad estadística (Vásquez, 1990).

Tabla 26. Análisis de Varianza para peso de Biomasa de plantas con Alto Vigor

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Bloques	2	17538.4322	8769.21611	9.71	4.1	7.56	**
Tratamientos	5	44350.7332	8870.14664	9.82	3.33	5.64	**
Error Experimental	10	9029.22746	902.92275				
Total	17	70918.3928					

CV: 17.64% $\bar{X} = 170.29\text{g}$.

La Tabla 27, muestra la comparación de promedios de peso de biomasa para plantas con Alto Vigor; Los mayores pesos de biomasa presentaron los tratamientos 2 (var Ramis), tratamiento 5 (Eco. Rojo) y en el tratamiento 3 (var Illpa INIA 406) con promedios 263, 182.7 y 178.6 g de peso de biomasa aerea por planta respectivamente, estos valores son estadísticamente iguales, pero diferentes con el tratamiento 4 (Eco. Amarillo), tratamiento 1 (var Cupi) y tratamiento 6 (Eco. Rosado) con promedios 164.4, 124.3 y 108.5 g por planta respectivamente, que entre si son estadísticamente iguales.

Tabla 27. Comparación de Promedios de Tukey ($p < 0.05$) para peso de Biomasa por planta con Alto Vigor

Orden de Merito	Tratamiento	Var/Eco	Peso de Biomasa (g/planta)	Sig.
1	T - 1	var Ramis	263.00	a
2	T - 5	Eco. Rojo	182.74	a b
3	T - 3	var Illpa INIA 406	178.68	a b
4	T - 4	Eco. Amarillo	164.46	b
5	T - 2	var Cupi	124.30	b
6	T - 6	Eco. Rosado	108.54	b

La Tabla 28, muestra el Análisis de Varianza para peso de biomasa para plantas con Mediano Vigor. El Análisis revela que para el factor bloques existe diferencia significativa, es decir las características del suelo no fueron homogéneas, probablemente sea a la saturación de humedad en el suelo en momentos de lluvia abundante. Para el factor tratamientos, también existe diferencia significativa, es decir las plantas con mediano vigor son ligeramente heterogéneas en relación al peso de biomasa aérea de la planta. El coeficiente de variabilidad es de 25.86 %, lo que nos indica un nivel aceptable de confiabilidad estadística (Vásquez, 1990).

Tabla 28. Análisis de Varianza para peso de biomasa por planta de plantas con Mediano Vigor

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Bloques	2	4851.37258	2425.68629	4.47	4.1	7.56	*
Tratamientos	5	13564.1328	2712.82655	5	3.33	5.64	*
Error Experimental	10	5428.36176	542.83618				
Total	17	23843.8671					

CV% 25.86% \bar{X} = 90.07g

La Tabla 29, muestra la comparación de promedios de Tukey ($p < 0.05$) para peso de biomasa por planta, correspondientes a plantas con Mediano Vigor, el cual nos muestra que el mayor peso de biomasa fue en el tratamiento 1 (var Cupi), con 131.11 g/planta, luego sigue el tratamiento 3 (var Illpa INIA 406), el tratamiento 5 (Eco Rojo) y el tratamiento 4 (Eco Amarillo) con promedios de 112.01, 94.01 y 90.25 gramos de peso de biomasa respectivamente son iguales estadísticamente, pero diferente con el tratamiento 2 (var Ramis) y con el tratamiento 6 (Eco. Rosado) con promedios 63.18 y 49.86 g. de peso de biomasa por planta respectivamente y también son iguales entre si estadísticamente.

Tabla 29. Comparación de Promedios de Tukey ($P < 0.05$) para peso de biomasa por planta con Mediano Vigor

Orden de Merito	Tratamiento	Var/Eco	Peso de Biomasa (g/planta)	Sig.
1	T - 1	var Cupi	131.11	a
2	T - 3	var Illpa INIA 406	112.01	a b
3	T - 5	Eco. Rojo	94.01	a b
4	T - 4	Eco. Amarillo	90.25	a b
5	T - 2	var Ramis	63.18	b
6	T - 6	Eco. Rosado	49.86	b

En la Tabla 30, muestra el Análisis de Varianza para peso de biomasa para plantas con bajo Vigor, El Análisis señala que para el factor bloques, no existe diferencia significativa, es decir, las condiciones ambientales fueron homogéneas en los tres bloques. En cambio, para el factor tratamientos, existe diferencia significativa, lo que nos muestra es que existe una diferencia entre plantas de bajo vigor entre los tratamientos puestos en estudio. El coeficiente de variabilidad es de 29.21 %, siendo un valor aceptable su confiabilidad estadística para condiciones de campo experimental. (Vásquez, 1990).

Tabla 30. Análisis de Varianza para peso de biomasa por planta de plantas con Bajo Vigor

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Bloques	2	158.499511	79.249756	0.58	4.1	7.56	ns
Tratamientos	5	3291.48949	658.297899	4.82	3.33	5.64	*
Error experimental	10	1365.12489	136.512489				
Total	17	4815.11389					

CV: 29.21% $\bar{X} = 39.9g$

La Tabla 31, expresa la comparación de promedios mediante la prueba de Tukey ($P < 0.05$) correspondiente al peso de biomasa por planta, de plantas con Bajo vigor, donde los tratamientos 1 (var Cupi), tratamiento 5 (Eco Rojo), tratamiento 4 (Eco. Amarillo) y tratamiento 3 (var Illpa INIA 406) con promedios 60.7, 46.8, 44.2 y 42.2 gramos de peso de biomasa respectivamente son iguales estadísticamente; pero diferentes con el tratamiento 6 (Eco. Rosado) y tratamiento 2 (var Ramis) con promedios 25.7 y 20.12 g. de peso de biomasa por planta respectivamente que entre si también son iguales estadísticamente.

Tabla 31. Comparación de Promedios de Tukey ($P < 0.05$) para peso de Biomasa por planta de plantas con Bajo Vigor

Orden de Merito	Tratamiento	Var/Eco	Peso de Biomasa (g/planta)	Sig.
1	T - 1	var Cupi	60.75	a
2	T - 5	Eco. Rojo	46.84	a b
3	T - 4	Eco. Amarillo	44.21	a b
4	T - 3	var Illpa INIA 406	42.22	a b
5	T - 6	Eco. Rosado	25.79	b
6	T - 2	var Ramis	20.12	b

La Figura 17, muestra los promedios de los pesos de biomasa para los seis tratamientos en estudio, estadísticamente no son diferentes, pero si existe diferencia numérica entre los promedios de peso de biomasa por planta entre las plantas con Alto Vigor, plantas con Mediano Vigor y plantas con Bajo Vigor con promedios 170.28, 90.07 y 39.99 g respectivamente. En síntesis, se puede manifestar que, las plantas con alto vigor, incrementaron el peso de su biomasa aérea en 325.83%, es decir, en tres veces más que las plantas con bajo vigor.

Este comportamiento, tiene similitud, con lo reportado por Francomano (2012), indicando que, en la soja variedad Clark, las plantas provenientes de semillas de alto vigor producen 41% más de materia seca en relación a las plantas provenientes de semillas de bajo vigor.

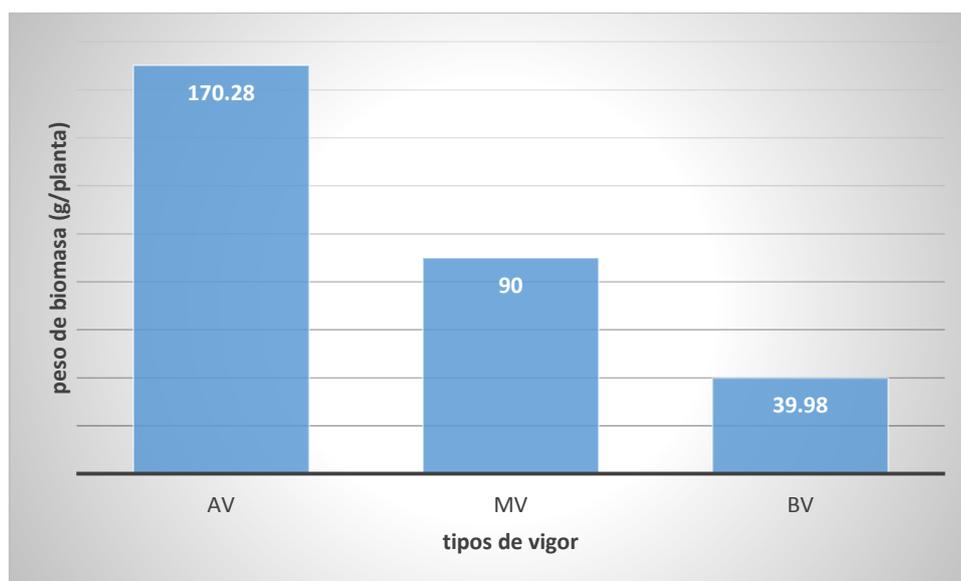


Figura 17. Comparación de promedios de peso de biomasa entre plantas de tres tipos de vigor

4.2.5. Índice de cosecha

La Tabla 32, muestra el Análisis de Varianza para índice de cosecha para plantas con Alto Vigor, los datos fueron transformados al arco seno debido a que estas estuvieron expresadas en proporción. El Análisis revela que para el factor bloques, no existe diferencia significativa; esto se atribuye a que las condiciones del suelo fueron homogéneas en los tres bloques. Sin embargo, para el factor tratamientos, existe una diferencia estadística significativa, es decir, existe una ligera variación de resultados correspondientes al índice de cosecha referentes a las plantas con alto vigor. El coeficiente de variabilidad es de 13.72%, lo que nos indica un nivel aceptable de confiabilidad estadística (Vásquez, 1990).

Tabla 32. Análisis de Varianza para índice de Cosecha de plantas de Alto Vigor

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Bloques	2	0.02445472	0.01222736	3.14	4.1	7.56	ns
Tratamientos	5	0.09633799	0.0192676	4.95	3.33	5.64	*
Error experimental	10	0.03895407	0.00389541				
Total	17	0.15974678					

CV: 13.72 % $\bar{X} = 0.25$

La Tabla 33, muestra la comparación de promedios mediante la prueba de comparación de Tukey ($P < 0.05$) correspondiente para el índice de cosecha para las plantas con alto vigor; el cual resultado que el tratamiento 2 (var Ramis), tratamiento 6 (Eco. Rosado) y tratamiento 1 (var Cupi) con promedios de índice de cosecha 0.36, 0.25 y 0.18

respectivamente son estadísticamente iguales, pero diferentes con el tratamiento 4 Eco Amarillo, tratamiento 3 (var. Illpa INIA 406) y tratamiento 5 (Eco. Rojo) con promedio 0.166, 0.16 y 0.15 respectivamente que entre si son estadísticamente iguales.

Tabla 33. Comparación de promedios de Tukey ($P < 0.05$) índice de cosecha para plantas de Alto Vigor

Orden de Merito	Tratamiento	Var/Eco	Índice de cosecha	Sig.
1	T - 2	var Ramis	0.36	a
2	T - 6	Eco. Rosado	0.25	a b
3	T - 1	var Cupi	0.18	a b
4	T - 4	Eco. Amarillo	0.16	b
5	T - 3	var Illpa INIA 406	0.16	b
6	T - 5	Eco. Rojo	0.15	b

La Tabla 34, muestra el Análisis de Varianza para índice de cosecha para plantas con Mediano Vigor. Los datos fueron transformados al arco seno de cada dato. El Análisis muestra que para el factor bloques, existe diferencia significativa; Sin embargo, para el factor tratamientos no existe diferencia significativa. El índice de cosecha fue similar para los tratamientos de plantas con mediano vigor. El coeficiente de variabilidad es de 15.35%, lo que indica que los valores evaluados presentan un nivel aceptable de confiabilidad estadística (Vásquez, 1990).

Tabla 34. Análisis de Varianza para índice de cosecha para plantas de Mediano Vigor

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Bloques	2	0.05746403	0.02873201	5.63	4.1	7.56	*
Tratamientos	5	0.01718391	0.00343678	0.67	3.33	5.64	ns
Error Experimental	10	0.05099837	0.00509984				
TOTAL	17	0.12564631					
CV: 15.35 %	$\bar{X} = 0.22$						

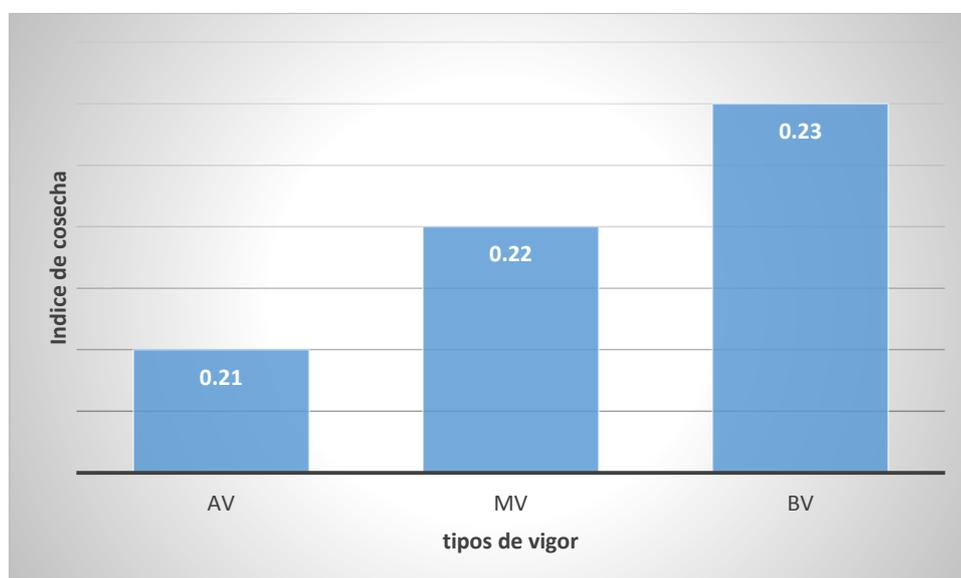
La Tabla 35, muestra el Análisis de Varianza para índice de cosecha para plantas de Bajo Vigor, Los datos fueron transformados al arcoseno de cada uno. El Análisis revela que para el factor bloques, no existe diferencia estadística significativa y también para el factor tratamientos no existe diferencia estadística significativa, es decir el índice de cosecha es similar en todas las plantas con bajo vigor. El coeficiente de variabilidad es de 29.7%, siendo un valor aceptable estadísticamente para condiciones de campo experimental (Vásquez, 1990).

Tabla 35. Análisis de Varianza para índice de cosecha para plantas con Bajo Vigor

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Bloques	2	0.03187778	0.01593889	3.28	4.1	7.56	ns
Tratamientos	5	0.06131111	0.01226222	2.52	3.33	5.64	ns
Error							
Experimental	10	0.04865556	0.00486556				
Total	17	0.14184444					

CV: 29.75 % $\bar{X} = 0.23$

La Figura 18, muestra que las plantas de cañihua de Alto Vigor presentaron un índice de cosecha de promedio de 0.21; también las plantas de mediano vigor presentaron un índice de cosecha promedio de 0.22 y las plantas de bajo vigor presentaron un índice de cosecha promedio de 0.23.

**Figura 18.** Comparación de promedios de índice de cosecha de plantas de tres tipos de Vigor

Al respecto Macuchapi (2017) menciona que, el índice de cosecha para el cultivo de cañihua varía entre 0.2 a 0.3, los valores encontrados en el presente trabajo de investigación se asemejan con los valores reportados por el mencionado autor.

4.2.6. Peso de semillas por planta (g)

La Tabla 36, muestra el Análisis de Varianza para peso de semillas para planta, correspondiente a plantas con Alto Vigor, El Análisis expresa que para el factor bloques, no existe diferencia significativa y también para el factor tratamientos no existe diferencia significativa, vale decir que el peso de semillas por planta de la categoría de alto Vigor, presentaron valores similares en todos los tratamientos puestas en estudio. El coeficiente

de variabilidad es de 29.87 %, indicando su valor aceptable para las condiciones de campo del presente trabajo experimental (Vásquez, 1990).

Tabla 36. Análisis de Varianza para peso de semillas para plantas de Alto Vigor

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft 0.01	Ft 0.05	Sig.
Bloques	2	664.931811	332.465906	3.73	4.1	7.56	ns
Tratamientos	5	1006.16116	201.232232	2.26	3.33	5.64	ns
Error Experimental	10	892.095722	89.209572				
Total	17	2563.18869					

CV: 29.87% $\bar{X} = 31.6g$

La Tabla 37, muestra el Análisis de Varianza para peso de semillas por planta correspondiente a plantas con Mediano Vigor. El Análisis señala que para el factor bloques no existe diferencia significativa y también para el factor tratamientos no existe diferencia significancia, es decir el peso de semillas entre variedades y ecotipos de plantas con mediano vigor son homogéneos. El coeficiente de variabilidad es de 20.91 %, lo que nos indica un nivel aceptable de confiabilidad estadística (Vásquez, 1990).

Tabla 37. Análisis de Varianza para peso de semillas para plantas de Mediano Vigor

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Bloques	2	0.98658907	0.49329453	0.68	4.1	7.56	ns
Tratamientos	5	4.54835896	0.90967179	1.25	3.33	5.64	ns
Error Experimental	19	7.29876687	0.72987669				
Total	17	12.8337149					

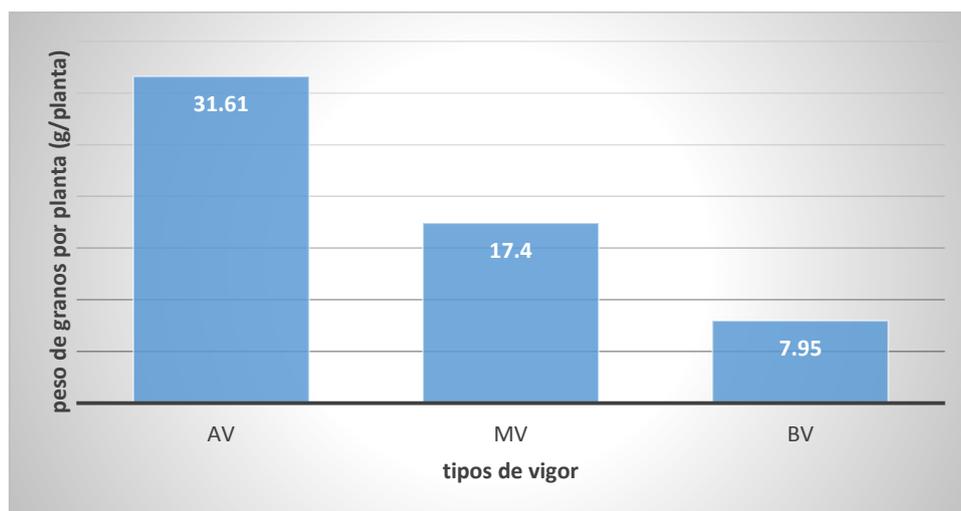
CV: 20.91% $\bar{X} = 17.40g$

La Tabla 38, muestra el Análisis de Varianza para peso de semillas por planta correspondiente a plantas con Bajo Vigor, El Análisis indica que para el factor bloques no existe diferencia significativa y también resalta que para el factor tratamientos no existe diferencia significancia, es decir el peso de semillas fue homogénea entre variedades y ecotipos en estudio. El coeficiente de variabilidad fue 20.94 %, lo que nos indica un nivel aceptable de confiabilidad estadística (Vásquez, 1990).

Tabla 38. Análisis de Varianza para peso de semillas por planta de plantas de Bajo Vigor

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft 0.01	Ft 0.05	Sig.
Bloques	2	0.05092779	0.0254639	0.08	4.1	7.56	ns
Tratamientos	5	3.4747374	0.69494748	2.09	3.33	5.64	ns
Error Experimental	10	3.32202294	0.33220229				
Total	17	6.84768813					
CV: 20.94%		$\bar{X} = 7.95g$					

La Figura 19, muestra los promedios de peso de semillas por planta para los seis tratamientos en estudio estadísticamente no son diferentes, pero si existe diferencia numérica entre los promedios de peso de granos por planta entre las plantas con Alto Vigor, plantas con Mediano Vigor y plantas con Bajo Vigor con promedios 31.61, 17.40 y 7.95 g respectivamente.

**Figura 19.** Comparación del peso de granos para plantas con tres tipos de Vigor

En el presente trabajo de investigación, podemos indicar, que el peso de granos por planta, resalta, que en las plantas de alto vigor se incrementó el peso en 297.74% en comparación con las plantas de bajo vigor.

Resultados casi similares en otros cultivos como la soja es reportado por Francomano (2012), indicando que la productividad de las plantas sembradas con semillas de alto vigor fue superior en un 24.30% en comparación con las plantas de bajo vigor. Comparando estos resultados en el cultivo de cañihua, las plantas sembradas con semillas de alto vigor genero un peso de 31.61 gramos, frente a las plantas de bajo vigor que fue 7.95 gramos.

4.2.7. Rendimiento

La tabla 39 muestra el análisis de varianza para rendimiento, donde se puede apreciar que, no existe diferencia significativa entre bloques, esto respondería a que las condiciones de suelo entre bloques fueron las mismas, también nos muestra que existe una diferencia significativa entre tratamientos lo que nos indica que, uno de los tratamientos es diferente a los demás. Su coeficiente de variabilidad fue 6.18%, indicando su valor aceptable para las condiciones de campo del presente trabajo experimental (Vásquez, 1990).

Tabla 39. Análisis de varianza para rendimiento (tn/ha)

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Sig.
Bloques	2	0.0223	0.07047143	0.87	ns
Tratamientos	5	0.471	0.01289	7.31	*
Error experimental	10	0.1289			
Total	17	0.6222			

CV 6.18%

La tabla 40 muestra la comparación de promedios de rendimiento de los seis tratamientos en estudio; el cual nos revela que el tratamiento 1 (var cupi) y el tratamiento 5 (eco rojo) con promedios 2.15 y 1.93 tn/ha respectivamente, son estadísticamente diferente con los tratamientos 3 (var Illpa INIA 406), tratamiento 6 (eco rosado), tratamiento 2 (var ramis) y tratamiento 4 (eco amarillo) con promedios 1.77, 1.73, 1.72 y 1.70 tn/ha respectivamente

Tabla 40. Comparación de promedios de Tukey ($P < 0.05$) para rendimiento

Tratamiento	Rendimiento (tn/ha)	Rendimiento (Kg/parcela)	Sig.
T - 1	2.15	1.07	a
T - 5	1.93	0.96	a b
T - 3	1.77	0.88	b
T - 6	1.73	0.86	b
T - 2	1.72	0.86	b
T - 4	1.70	0.85	b

Al respecto Nina (2014) menciona que, el rendimiento de cañihua en condiciones áridas (irrigación Majes) es de 2772.172 Kg/ha, los valores que obtuvimos se asemejan puesto que en el siguiente trabajo de investigación la variedad Cupi presenta un rendimiento de 2.15 tn/ha seguido por el ecotipo Rojo con 1.93 tn/ha y finalmente el ecotipo amarillo con un rendimiento de 1.7 tn/ha. También Apaza (2010) afirma que el rendimiento de cañihua en condiciones del altiplano es de 1500 Kg/ha.

V. CONCLUSIONES

1. En la calidad física de la semilla de cañihua (*Chenopodium canihua* Cook), El más alto valor de pureza corresponde a la variedad cupi con 99.4%, y el menor valor corresponde al ecotipo rosado de Kelluyo con 88.3%. El mayor peso de 1000 semillas, corresponde a la variedad cupi con 0.92 g y el menor peso corresponde al ecotipo rosado de Kelluyo con 0.60 g; el diámetro de la semilla oscila de 1.0 mm hasta 1.5 mm. El más alto porcentaje del valor cultural corresponde a la variedad cupi con 94.7%, y el menor porcentaje corresponde al ecotipo rojo de Kelluyo con 43.4%. El más alto porcentaje de energía germinativa corresponde a la variedad Illpa INIA 406 con 94.7% considerándose bueno por ser mayor a 67%, y el más bajo valor corresponde al ecotipo rojo de Kelluyo con 41.2% considerándose malo por revelar un valor menor a 67 %.
2. En la calidad fisiológica de la semilla de cañihua (*Chenopodium canihua* Cook), el mayor porcentaje de germinación corresponde a la variedad Illpa INIA 406 con 95.7 % y el menor porcentaje corresponde al ecotipo rosado de Kelluyo con 47.2 %. La mayor tasa de crecimiento, fue en plantas de alto vigor que corresponde a la variedad cupi con 0.35 cm/día de crecimiento; en cambio, en las plantas de mediano y bajo vigor la tasa de crecimiento es indiferente oscila de 0.22 a 0.15 cm/día respectivamente. La mayor altura se encuentra en plantas de alto vigor, resaltando la variedad cupi con 57,70 cm/planta, en contraste a ello la menor altura fue en el ecotipo rosado con 42.44 cm/planta; sin embargo, en plantas de mediano y bajo vigor la altura es no significativo con un promedio de 25.59 cm/planta. En relación al número de ramas, las plantas de alto vigor alcanzaron hasta 10.5 ramas/planta, las de mediano vigor fue 9 ramas/planta y las de bajo vigor fue 5 ramas/planta, destacando la variedad la var ramis. El mayor peso de biomasa fue en la variedad cupi con 263.00; 131.11 y 60.75 g que corresponden a las plantas de alto, mediano y bajo vigor respectivamente. El índice de cosecha, fue casi similar en todas las plantas con un promedio de 0.2; el peso de semillas por planta, en las de alto vigor fue de 31.6 g, en las de mediano vigor fue de 17.4 g y en las de bajo vigor fue de 7.95 g. y finalmente el mayor rendimiento lo obtuvo la variedad cupi con 2.15 tn/ha en comparación al ecotipo amarillo que fue el más bajo con 1.7 tn/ha.

VI. RECOMENDACIONES

De los resultados obtenidos, se recomienda:

1. Utilizar semillas de alta pureza física, con mejores pesos y tamaño de grano, de alto valor cultural (>80) y energía germinativa (>67), estas características corresponden a semillas de alto vigor que, al ser sembradas en campo, emergen rápidamente y en forma uniforme desarrollando plantas de buen tamaño y con buen desarrollo vegetativo y reproductivo.
2. Emplear semillas de cañihua con alto porcentaje de germinación, con un mínimo de 90%, de acuerdo a los resultados del presente estudio, esto garantiza el establecimiento normal del cultivo. Además, se recomienda emplear semillas de calidad, esto genera plantas de alto vigor, que muestran un mejor desarrollo morfológico, implicando una mayor producción de la planta. Asimismo, se sugiere promover el cultivo de la cañihua (*Chenopodium canihua* Cook), pues es una especie andina de alto valor nutricional, muy saludable para la alimentación humana, además se adapta hasta variados pisos ecológicos de altura en el altiplano.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXIS, E. (2011). Cultivo de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el altiplano. Puno. Perú. 96p.
- APAZA, V. (2010). Manejo y mejoramiento de Kañihua. INIA Instituto Nacional de Innovación Agraria. Estación ILLPA. IFAD. Puno, Perú. 48 p.
- APAZA, V.; MUJICA, A., y ORTIZ, R. (2002). Estimación de parámetros de estabilidad para rendimiento de la Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). IICA. Puno – Perú 320 p.
- BARCELO, J., NICOLAS, G., SABATER, y SÁNCHEZ, R. (2005). Fisiología Vegetal. Ediciones Pirámide. Madrid. 566 p.
- BARROS, M. 2003. Pruebas de vigor en semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) y su correlación con la emergencia. Tesis. Ing. Agr. Santiago, Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Departamento de Ciencias Vegetales. p. 7, 11, 12,17,30, 31, 32.
- BAUER G. (2003). Germinación y Vigor de semillas de soja. UNM. Facultad de Ciencias Agrarias, Balcarce. Argentina. 10 p.
- BEINGOLEA L., 2015. Manejo y Control de Semillas. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía. p. 61,62.
- BORRAJO, C. (2006). Importancia de la calidad de semillas. Laboratorio de semillas. Estación Experimental Agropecuaria Mercedes. INIA, Argentina. 26 p.
- CHACÓN, M. (2018). TESIS “pruebas de vigor en semillas de maíz (*Zea mays* L.). Tesis de investigación. Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Agronomía. Lima. Peru. 93p.
- CHAGUA, A. (2018). “DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA Y FISIOLÓGICA DE SEMILLAS DE TRES VARIEDADES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) DE COLOR”. Tesis de Investigación. Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Altiplano. Puno. Perú. 85 p.

- CRAVIOTTO, R, ARANGO, M., y GALLO, K. (2010). Calidad de la simiente. ¿Por qué evaluar vigor? Tecnología en semillas. Estación Experimental Agropecuaria Oliveros. INTA, Argentina, 12 p.
- DRA - Puno (2012) Variabilidad genética de Cañihua en las provincias de Puno. Dirección Regional Agraria Puno- Perú. 16 – 26 p
- FAO (Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2000). Cultivos Andinos Sub explotados y su aporte en la Alimentación. Agronomía de los cultivos Andinos. Qañiwa. (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). 86 p.
- FIDA (Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola). (2010). Granos Andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañihua y kiwicha en Perú. Biodiversity International. UNA – PUNO. 148 p.
- FLORES, R. (2006) Tesis de Grado “Evaluación Preliminar Agronómica y Morfológica del germoplasma de Cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en la Estación Experimental Belen” Universidad Mayor de San Andres. Facultad de Agronomía. La Paz – Bolivia. 122 p.
- FRANCOMANO, A. (2012). El vigor de la semilla y su impacto en la productividad del cultivo de soja. Francomano y Picardi SRL. Laboratorio de Analisis de Semillas, Brasil. 18 p.
- HERRERA, A. (2012). Fertilidad del Suelo. Universidad Nacional del Altiplano – Puno. Vicerrectorado Académico. Oficina Universitaria de Investigación. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica. Puno. Perú. 204 p.
- INFOAGRO. 2006. El cultivo de cañihua. Lima, Perú. 63 p.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASOCIATION (ISTA) (2016). International Rules for Seed Testing Science and Tecnology. 192 p.
- LESCANO, J. L. (1994). Genética y mejoramiento de cultivos altoandinos. Convenio INADE/PELT-COTESU. Puno – Perú. 236 p.
- MACUCHAPI, W. (2017). Tesis de grado. Aplicación de tres métodos y su efecto en el desgrane de seis cultivares de Cañahua (*Chenopodium Pallidicaule*) en la

- localidad de Carabico Altiplano Norte. Universidad Mayor San Andrés. Facultad de Agronomía. Carrera de Ingeniería Agronómica. La Paz, Bolivia. 96 p.
- MAMANI, E. (2013). Caracterización molecular de 26 accesiones de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) con mayor rendimiento en grano: altiplano Puno. Universidad Nacional del Altiplano, Escuela de Post Grado. Programa de Doctorado. Puno. Perú. 91 p.
- MAMANI, E. y CALLOHUANCA, A. (2006). Manejo y cultivo de Cañihua. Departamento Académico de Agronomía y Zootecnia – Facultad de Ciencias Agrarias – UNA Puno. 108 p.
- MARCA, V. S. (1993). Establecimiento da Metodología para Análise de Semente de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Dissertacao de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas. Facultad de Agronomia Eliceu Maciel. Pelotas-RS- Brasil. 95 p.
- MARQUEZ, J. (2015). Tesis de grado. Tres abonos orgánicos en el cultivo de Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) var. Illpa INIA bajo riego por goteo en la irrigación majes Arequipa. Universidad Nacional San Agustín. Facultad de Agronomía. Arequipa – Perú. 76 p.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA. (2010). Dirección General de Competitividad Agraria. Dirección de información Agraria. Lima Perú. 54 p.
- MUJICA, A.; JACOBSEN, S.; Ortiz, R.; CANAHUA, A.; APAZA, V.; AGUILAR, P.; DUPEYRAT, R. (2002). La cañihua en la nutrición humana del Perú. INIA, CARE, CINFO, UNA – Puno. Perú. 72 p.
- NINA, A. (2014). Tesis de grado. Comportamiento agronómico de diez accesiones de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en zonas áridas. Universidad Nacional San Agustín. Facultad de Agronomía. Arequipa – Perú. 86 p.
- PERETTI, A. (1994). Manual para análisis de semillas. Primera edición. Buenos Aires. Hemisferio Sur. 212 p.

- RAMÍREZ, S. (2006). Laboratorio de Análisis del campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria. Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Jalisco. Mexico.40 p.
- ROMANI, R., y ANCHAPURI, V. (2011). Producción de kañiwa. Proyecto de cultivos andinos. Dirección regional agraria. Gobierno regional de Puno. Puno, Perú. 14 p.
- RUIZ, R. (2003). Disminución del cultivo de kañiwa en el Altiplano Peruano. Editorial los amigos del libro. La Paz – Bolivia. 108 p.
- SOLANO. M. (2017). Taxonomía Vegetal. Universidad Nacional del Altiplano – Puno. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica. Puno. Perú. 105p.
- SOTO, L., PINTO, J. y W. ROJAS. (2009) Distribución geográfica de los granos andinos y variabilidad genética. El arte de los Granos Andinos. Bioversity., NUS-IFADII. Fundación PROINPA. La Paz – Bolivia. 88 p.
- TAPIA, M y FRIES, F. 2007. Los cultivos andinos en el Perú. Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria. Programa Nacional de Sistemas Andinos de Producción Agropecuaria. Boletín No 1. Lima, Perú. 132 p.
- VALDIVIA R. Y SOTO W. (2002). Caracterización participativa sobre usos, restricciones y oportunidades con comunidades y otros niveles de cadena de kañiwa con un enfoque de género. En informe técnico anual. Taller – proyecto: “Elevar la contribución que hacen las especies olvidadas y subutilizadas a la seguridad alimentaria y a los ingresos de la población rural de escasos recursos”. Puno, Perú. 276 p.
- VÁSQUEZ, V. (1990). Experimentación agrícola. Editorial Amaru. Lima. Perú.
- VELÁSQUEZ, R. (2018). Cosecha orgánica de granos andinos. Universidad Nacional del Altiplano. Rectorado. Puno, Perú. 242 p.

ANEXOS

RESULTADOS DE LAS VARIABLES DE RESPUESTA

Tabla 41. Valores de pureza en seis cultivares de cañihua

BLOQ/TRAT	T - 1	T - 2	T - 3	T - 4	T - 5	T - 6
R I	99.4	98.22	98.3	90.9	85.2	79
R II	98.4	98.6	98	91	85.3	83.2
R III	98.6	96.2	97.2	90.3	84.9	83.4
R IV	99.4	98	98	90.9	85.2	80.2
SUMA	395.8	391.02	391.5	363.1	340.6	325.8
PROM	98.95	97.755	97.875	90.775	85.15	81.45

Tabla 42. Porcentaje de germinación de seis cultivares de cañihua

TRAT	REP	1° CONTEO	2° CONTEO	3° CONTEO	PI ANOR	S. N GER	TOTAL	% GERMINACION	PROM
T1	I	95	0	0	2	3	100	95	95.75
	II	93	3	0	1	3	100	96	
	III	91	4	0	3	2	100	95	
	IV	96	1	0	2	2	100	97	
T2	I	95	1	0	1	3	100	96	94.5
	II	96	0	0	0	4	100	96	
	III	90	2	1	5	2	100	92	
	IV	91	3	0	2	4	100	94	
T3	I	94	3	0	2	1	100	97	95.75
	II	96	1	0	2	1	100	97	
	III	95	0	0	3	2	100	95	
	IV	94	0	0	2	4	100	94	
T4	I	74	2	0	6	18	100	76	77
	II	77	3	0	8	12	100	80	
	III	73	0	0	17	10	100	73	
	IV	79	0	0	13	8	100	79	
T5	I	40	6	0	10	14	100	46	47.25
	II	27	9	0	19	45	100	36	
	III	56	4	0	11	29	100	60	
	IV	42	5	0	26	27	100	47	
T6	I	88	8	0	2	2	100	96	93.75
	II	98	0	0	1	1	100	98	
	III	89	2	0	4	5	100	91	
	IV	90	0	0	3	7	100	90	

Leyenda

REP = repetición

PI ANOR = plantas anormales

S. N. GER = semillas no germinadas

Tabla 43. Tasa de crecimiento en 6 cultivares de cañihua

TRAT	VIGOR	B I	B II	B III	SUMA	PROMEDIO
T1	AV	0.37	0.36	0.34	1.07	0.36
	MV	0.28	0.28	0.2	0.76	0.25
	BV	0.2	0.16	0.16	0.52	0.17
T2	AV	0.28	0.28	0.28	0.84	0.28
	MV	0.22	0.22	0.22	0.66	0.22
	BV	0.17	0.16	0.13	0.46	0.15
T3	AV	0.36	0.29	0.33	0.98	0.33
	MV	0.26	0.22	0.22	0.7	0.23
	BV	0.19	0.12	0.17	0.48	0.16
T4	AV	0.29	0.27	0.28	0.84	0.28
	MV	0.22	0.21	0.21	0.64	0.21
	BV	0.18	0.14	0.15	0.47	0.16
T5	AV	0.37	0.27	0.34	0.98	0.33
	MV	0.24	0.22	0.22	0.68	0.23
	BV	0.21	0.16	0.15	0.52	0.17
T6	AV	0.27	0.26	0.26	0.79	0.26
	MV	0.21	0.21	0.22	0.64	0.21
	BV	0.12	0.15	0.14	0.41	0.14

Tabla 44. Altura de planta de 6 cultivares de cañihua

TRAT	VIGOR	BI	BII	BIII	SUMA	PROMEDIO
T1	AV	59.30	59.00	54.80	173.10	57.70
	MV	45.89	44.60	32.70	123.19	41.06
	BV	31.67	26.00	25.67	83.34	27.78
T2	AV	46.10	44.90	45.00	136.00	45.33
	MV	35.71	35.11	35.63	106.45	35.48
	BV	26.80	26.00	21.00	73.80	24.60
T3	AV	58.88	47.20	54.10	160.18	53.39
	MV	41.44	34.83	36.00	112.27	37.42
	BV	30.75	19.57	27.50	77.82	25.94
T4	AV	47.50	43.75	46.17	137.42	45.81
	MV	36.20	34.22	34.80	105.22	35.07
	BV	29.20	22.60	24.67	76.47	25.49
T5	AV	59.50	43.86	54.60	157.96	52.65
	MV	39.00	35.60	35.10	109.70	36.57
	BV	33.60	25.50	24.40	83.50	27.83
T6	AV	43.20	42.80	41.33	127.33	42.44
	MV	34.80	33.30	36.30	104.40	34.80
	BV	20.17	23.60	22.00	65.77	21.92

Tabla 45. Numero de ramas de 6 cultivares de cañihua

TRAT	VIGOR	BI	BII	BIII	SUMA	PROM
T1	AV	12.1	13.7	13.7	39.5	13.2
	MV	9	10.1	12	31.1	10.4
	BV	6	5	5.8	16.8	5.6
T2	AV	11.9	11.9	9.3	33.1	11.0
	MV	7.4	8.2	8.1	23.7	7.9
	BV	4	5.2	5.3	14.5	4.8
T3	AV	13.6	13.2	14.1	40.9	13.6
	MV	10.8	9.4	10	30.2	10.1
	BV	4.6	5.2	4.5	14.3	4.8
T4	AV	12.3	13.2	13.5	39	13.0
	MV	8.4	10	10.1	28.5	9.5
	BV	4.8	5.3	5.6	15.7	5.2
T5	AV	13.2	12	11.8	37	12.3
	MV	7.2	6.7	7.4	21.3	7.1
	BV	5.8	5.2	5.8	16.8	5.6
T6	AV	12.7	13.4	13	39.1	13.0
	MV	9.2	9.6	10.1	28.9	9.6
	BV	5.3	4.8	4.9	15	5.0

Tabla 46. Peso de biomasa de 6 cultivares de cañihua

TRAT	VIGOR	BI	BII	BIII	SUMA	PROM
T1	AV	269.18	278.13	241.70	789.01	263.00
	MV	155.93	101.25	136.15	393.33	131.11
	BV	52.98	57.63	71.64	182.24	60.75
T2	AV	150.54	96.68	125.67	372.89	124.30
	MV	77.13	60.72	51.70	189.56	63.19
	BV	9.71	19.10	31.55	60.36	20.12
T3	AV	261.18	125.77	149.08	536.03	178.68
	MV	167.01	63.13	105.90	336.04	112.01
	BV	36.40	45.76	44.50	126.66	42.22
T4	AV	185.80	163.24	144.33	493.37	164.46
	MV	105.20	89.84	75.70	270.74	90.25
	BV	53.56	33.05	46.03	132.64	44.21
T5	AV	236.64	140.90	170.68	548.22	182.74
	MV	105.72	54.18	122.14	282.04	94.01
	BV	68.08	38.50	33.96	140.53	46.84
T6	AV	182.67	69.82	73.13	325.61	108.54
	MV	50.98	51.59	47.00	149.57	49.86
	BV	35.50	21.13	20.75	77.38	25.79

Tabla 47. Índice de cosecha de 6 cultivares de cañihua

TRAT	VIGOR	BI	BII	BIII	SUMA	PROM
T1	AV	0.19	0.26	0.227	0.68	0.23
	MV	0.16	0.30	0.234	0.70	0.23
	BV	0.23	0.34	0.289	0.87	0.29
T2	AV	0.33	0.55	0.439	1.32	0.44
	MV	0.16	0.52	0.339	1.02	0.34
	BV	0.34	0.33	0.336	1.01	0.34
T3	AV	0.18	0.18	0.179	0.54	0.18
	MV	0.26	0.21	0.239	0.72	0.24
	BV	0.23	0.22	0.226	0.68	0.23
T4	AV	0.14	0.18	0.160	0.48	0.16
	MV	0.24	0.21	0.223	0.67	0.22
	BV	0.11	0.22	0.163	0.49	0.16
T5	AV	0.13	0.17	0.151	0.45	0.15
	MV	0.18	0.30	0.244	0.73	0.24
	BV	0.19	0.24	0.213	0.64	0.21
T6	AV	0.22	0.27	0.249	0.75	0.25
	MV	0.20	0.27	0.236	0.71	0.24
	BV	0.47	0.25	0.360	1.08	0.36

Tabla 48. Peso de granos por planta de 6 cultivares de cañihua

TRAT	VIGOR	BI	BII	BIII	SUMA	PROM
T1	AV	51.21	55.35	23.43	129.98	43.33
	MV	23.89	21.74	19.17	64.80	21.60
	BV	11.67	7.42	14.46	33.55	11.18
T2	AV	45.57	40.74	36.21	122.52	40.84
	MV	11.88	30.06	8.92	50.85	16.95
	BV	2.63	7.39	4.51	14.53	4.84
T3	AV	44.89	17.23	17.55	79.67	26.56
	MV	24.89	12.90	24.86	62.65	20.88
	BV	5.60	8.11	7.56	21.28	7.09
T4	AV	26.48	27.47	26.69	80.65	26.88
	MV	24.54	16.07	7.32	47.93	15.98
	BV	5.83	3.96	6.41	16.20	5.40
T5	AV	30.32	23.35	28.35	82.01	27.34
	MV	19.51	15.06	22.52	57.08	19.03
	BV	14.07	14.13	5.45	33.65	11.22
T6	AV	40.43	14.45	19.45	74.33	24.78
	MV	9.30	13.13	7.54	29.96	9.99
	BV	11.38	5.64	6.96	23.98	7.99

PANEL FOTOGRÁFICO
ETAPA DE LABORATORIO



Figura 20. Evaluación de la pureza física 08/08/2018



Figura 21. Evaluación del porcentaje de germinación 09/08/2018



Figura 22. Evaluación del porcentaje de germinación 11/0/2018



Figura 23. Evaluación del porcentaje de germinación 13/08/2018



Figura 24. Evaluación de peso de 1000 semillas 20/08/2018

FASE DE CAMPO



Figura 25. Preparación del terreno experimental en la C. Mullacañi 02/10/2018



Figura 26. Delimitación del área experimental en la C. Mullacañi 20/10/2018



Figura 27. Apertura de surcos en la C. Mullacañi 20/10/2018



Figura 28. Siembra de cañihua a chorro continuo en la C. Mullacañi 20/10/2018



Figura 29. Anillos para selección de plantas de Alto, Mediano y Bajo Vigor 28/10/2019



Figura 30. Selección de plantas de alto vigor, mediano vigor y bajo vigor en emergencia 28/10/2018



Figura 31. Estado fenológico inicio de ramificación 15/11/2018



Figura 32. Terminando el estado fenológico de ramificación 03/12/2018



Figura 33. Estado fenológico inicio de floración 23/12/2018



Figura 34. Evaluación de altura de planta 03/01/2019



Figura 35. Plantas en estado fenológico floración 15/01/2019



Figura 36. Estado fenológico grano lechoso 17/01/2019



Figura 37. Aporque y deshierbo 20/01/2019



Figura 38. Estado fenológico grano pastoso 16/02/2019



Figura 39. Madurez fisiológica 15/03/2019



Figura 40. Cosecha de plantas de cañihua 06/04/2019



Figura 41. Plagas (pulgón) en la C. Mullacañi 06/04/2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRONOMICA
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



ANALISIS DE FERTILIDAD DE SUELOS

PROCEDENCIA : C.C. MULLACAÑI (Dist. PILCUYO Prov. EL COLLAO - Puno)
 INTERESADO : JUAN MARCOS CHURA HUANACUNI
 FECHA RECEPCION : 17/10/2018
 FECHA DE ANALISIS : 18/10/2018

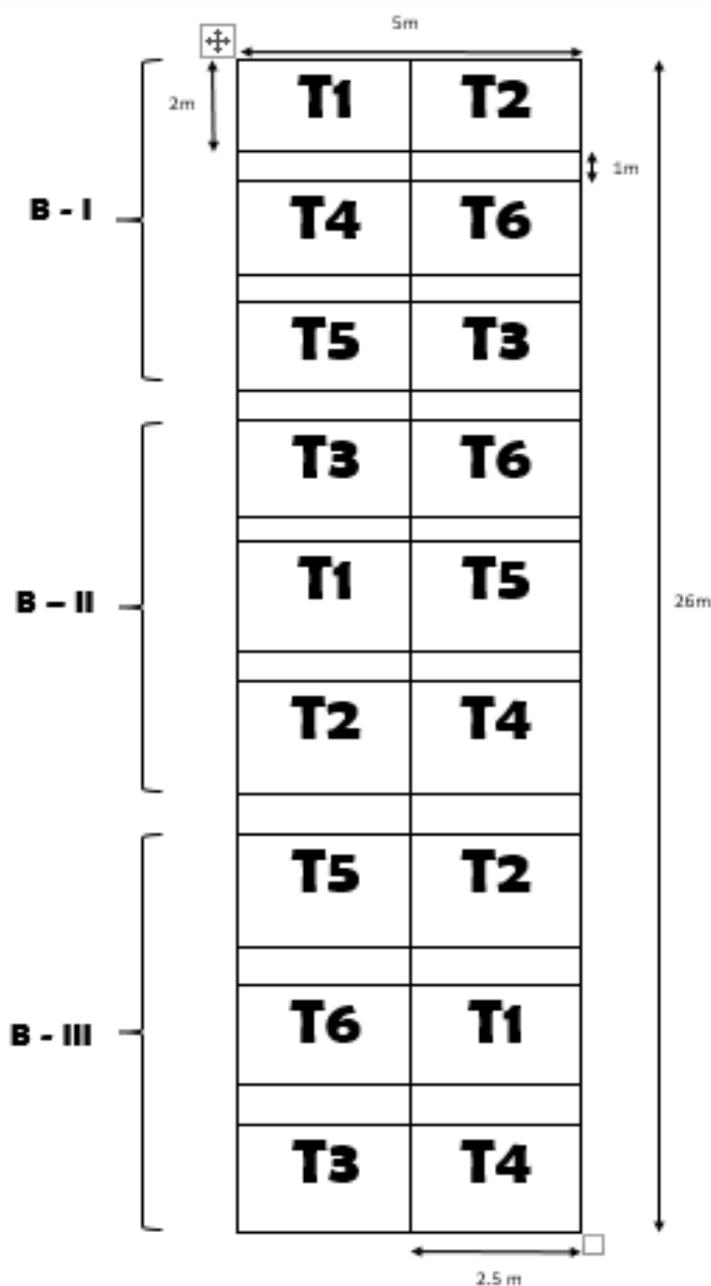
# ORD	CLAVE DE CAMPO	ANALISIS MECANICO			CLASE TEXTURAL	CO ₂ %	M.O.%	N TOTAL %
		ARENA %	ARCILLA %	LIMO %				
01	01	63.00	20.02	16.98	Franco-arenoso	0.00	3.69	0.10

# ORD	pH	C.E mS/cm	C:E(e) mS/cm	ELEMENTOS DISPONIBLES		CATIONES CAMBIABLES					CIC me/100g	S B %
				P ppm	K ppm	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺		
01	5.90	0.26	0.52	6.90	120	NC	NC	NC	NC	0.00	NC	NC

- | | |
|--|--|
| NC = No Corresponde | me = Millequivalente |
| ArA = Arcillo Arenoso | FA = Franco arenoso |
| AF = Arena Franca | M.O = Materia orgánica |
| FArA = Franco Arcillo Arenoso | P = Fósforo disponible |
| CIC = Capacidad de intercambio catiónico | K = Potasio disponible |
| N = Nitrógeno total | C.E. = Conductividad eléctrica |
| K ⁺ = Potasio combinable | SB = Saturación de bases |
| A = Arena | Mg ²⁺ = Magnesio cambiante |
| Ca ²⁺ = Calcio combinable | mS/cm = milisiemens por centímetro |
| Na ⁺ = Sodio combinable | C.E (e) = Conductividad eléctrica del extracto |
| CO ₃ = Carbonatos | Al ³⁺ = Aluminio cambiante |

Figura 42. Análisis de fertilidad del suelo

CROQUIS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

**Leyenda**

T1: *Chenopodium canihua* Cook var Cupi

T2: *Chenopodium canihua* Cook var Ramis

T3: *Chenopodium canihua* Cook var Illpa INIA 406

T4: *Chenopodium canihua* Cook Ecotipo Amarillo

T5: *Chenopodium canihua* Cook Ecotipo Rojo

T6: *Chenopodium canihua* Cook Ecotipo Rosado