



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



**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE
LÍNEAS F9 EN CRUZAS SIMPLES DISTANTES Y CERCANAS EN
QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) EN EL CIP – ILLPA, PUNO –
PERÚ**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. MAMANI YABAR BLANDER YOBERSON

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PUNO – PERÚ

2019



DEDICATORIA

Con profundo cariño a mis padres Alejandro Mamani Pilco y Pastora Yabar Apaza, y a mi querido hermano Edbert Fredy Mamani Yabar. A aquellos por darme confianza, apoyo incondicional, alegría, comprensión y aliento para seguir adelante y cumplir un objetivo más en mi vida.

A Flor Celeste Pilco Murillo por haberme brindado amor y un apoyo incondicional en los momentos de alegría y tristeza durante mi formación profesional, y a mis amigos de la Universidad Nacional del Altiplano.

Blander Yoberson Mamani Yabar



AGRADECIMIENTO

- Agradezco a Dios por darme la vida, dirigir mi camino y disfrutar de ella cada día que pasa
- A la Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias en ella especialmente la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica y a sus docentes quienes inculcaron con sus sabias enseñanzas en mi formación profesional.
- Al Dr. Ángel Mujica Sánchez, Coordinador General del Programa de Mejoramiento Genético de Quinoa KWS UNA-Puno, por su apoyo integro en la ejecución del trabajo de investigación.
- A Dra. Bettina Haussmann y Dr. Karl Schmid de la Universidad Hohenheim de Alemania, y a la empresa KWS; por su apoyo absoluto al proyecto de Mejoramiento Genético de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.).
- A mis padres, por cuidarme y apoyarme en todos los momentos que pase para la elaboración de esta tesis, gracias por todo el esfuerzo, paciencia y amor que me brindaron.
- A mi hermano Edbert Fredy Mamani Yabar por apoyarme y alentarme para que este sueño se haga realidad en mi vida.
- A mis jurados Ing. Ernesto Ingaluque Incacari, Ing.M.Sc. Saturnino Marca Vilca y Dr. Felix Alonso Astete Maldonado, por su apoyo para el enriquecimiento del presente estudio y el fortalecimiento de mis capacidades.
- A M.Sc. Flavio Lozano Isla, por la amistad brindada y el apoyo incondicional en la culminación del presente trabajo de investigación.

Blander Yoberson Mamani Yabar



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 16

ABSTRACT..... 17

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA 19

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 20

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN 21

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO 21

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN 22

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MARCO TEÓRICO 24

2.1.1. Origen 24

2.1.2. Cultivo de quinua 24

2.1.3. Importancia..... 25

2.1.4. Numero cromosómico 26

2.1.5. Posición taxonómica..... 26

2.1.6. Descripción morfológica 27

2.1.7. Fenología del cultivo 31

2.1.8. Requerimientos del cultivo..... 35

2.1.9. Practicas agronómicas 38

2.1.10. Plagas y enfermedades del cultivo 41

2.1.11. Acciones de quinua 42



2.1.12. Valor nutritivo	44
2.1.13. Cromosoma.....	45
2.1.14. Hibridación	45
2.1.15. Mejoramiento genético de plantas	46
2.1.16. Autofecundación.....	47
2.1.17. Distancia genética.....	48
2.1.18. Erosión genética	49
2.1.19. Variación hereditaria	49
2.1.20. Marcadores moleculares	49
2.1.21. Comportamiento agronómico	50
2.2. MARCO CONCEPTUAL	50
2.2.1. Línea	50
2.2.2. Cruzas simples.....	51
2.3. ANTECEDENTES	51

CAPITULO III.

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO.....	55
3.1.1. Localización del proyecto.....	55
3.1.2. Características del experimento.....	55
3.1.3. Características del suelo	56
3.1.4. Características ambientales	57
3.2. PROCEDENCIA DEL MATERIAL UTILIZADO	59
3.2.1. Material genético	59
3.3. PROCEDIMIENTO.....	61
3.3.1. Fase de campo	61
3.4. VARIABLES	64
3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO	67

CAPITULO VI

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LAS LÍNEAS F₉ DE LAS CRUZAS SIMPLES DISTANTES Y CERCANAS GENÉTICAMENTE, GENITORES Y TESTIGOS.....	68
4.1.1. Días de floración.....	68
4.1.2. Altura de planta	80
4.1.3. Longitud de panoja.....	91



4.1.4. Diámetro de panoja.....	103
4.1.5. Madurez fisiológica	113
4.1.6. Rendimiento de grano/planta.....	125
4.1.7. Rendimiento de grano / hectárea	137
4.2. EVALUAR EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO ENTRE CRUZAS SIMPLES GENÉTICAMENTE DISTANTES Y CERCANAS, GENITORES Y TESTIGOS.....	149
4.2.1. Días de floración.....	149
4.2.2. Altura de planta	151
4.2.3. Longitud de panoja	153
4.2.4. Diámetro de panoja.....	155
4.2.5. Madurez fisiológica	157
4.2.6. Rendimiento grano/planta	159
4.2.7. Rendimiento de grano/hectárea	161
4.2.8. Vigor de planta	163
4.2.9. Color de grano	166
4.2.10. Índice de cosecha.....	167
V. CONCLUSIONES.....	170
VI. RECOMENDACIONES.....	171
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	172
ANEXOS.....	181

Área : Ciencias agrícolas

Tema : Manejo agronómico de cultivos

Fecha de sustentación: 30 de diciembre de 2019



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Distancias de los híbridos por sus características morfológicas.....	51
Figura 2.	Temperaturas mínimas y máximas mensuales en el experimento en CIP Illpa Puno, Perú, periodo 2017 – 2018.	58
Figura 3.	Precipitación total mensual en el experimento de CIP Illpa Puno, Perú, Periodo 2017 – 2018.....	58
Figura 4.	Comparación de días de floración entre líneas de la cruza HUAxKCA, genitores y testigos.	69
Figura 5.	Comparación de días de floración entre líneas F9 de la cruza SALxHUA, genitores y testigos.	71
Figura 6.	Comparación de días de floración entre líneas F9 de la cruza PAS x KCA, genitores y testigos.	72
Figura 7.	Comparación de días de floración entre líneas F9 de la cruza SAL x PAN, genitores y testigos.	74
Figura 8.	Comparación de días de floración entre líneas F9 de la cruza COL x KCA, genitores y testigos.	76
Figura 9.	Comparación de días de floración entre líneas F9 de la cruza SAL x COL, genitores y testigos.	78
Figura 10.	Comparación de altura de planta entre líneas F9 de la cruza HUA X KCA, genitores y testigos.	81
Figura 11.	Comparación de altura de planta entre líneas de la cruza SAL x HUA, genitores y testigos.	83
Figura 12.	Comparación de altura de planta entre líneas F9 de la cruza PAS x KCA, genitores y testigos.	84
Figura 13.	Comparación de altura de planta entre líneas F9 de la cruza SAL x PAN, genitores y testigos.	86
Figura 14.	Comparación de altura de planta entre líneas F9 de la cruza COLxKCA, genitores y testigos.	87
Figura 15.	Comparación de altura de planta entre líneas F9 de la cruza SAL x COL, genitores y testigos.	89
Figura 16.	Comparación de longitud de panoja entre líneas F9 de la cruza HUAxKCA, genitores y testigos.	92



Figura 17.	Comparación de longitud de panoja entre líneas F9 de la cruza SAL x HUA, genitores y testigos.	93
Figura 18.	Comparación de longitud de panoja entre líneas F9 de la cruza PAS X KCA, genitores y testigos.	95
Figura 19.	Comparación de longitud de panoja entre líneas de la cruza SALxPAN, genitores y testigos.	96
Figura 20.	Comparación de longitud de panoja entre líneas F9 de la cruza COL x KCA, genitores y testigos.	98
Figura 21.	Comparación de longitud de panoja entre líneas F9 de la cruza SAL X COL, genitores y testigos.	100
Figura 22.	Comparación de diámetro de panoja entre líneas F9 de la cruza HUA x KCA, genitores y testigos.	103
Figura 23.	Comparación de diámetro de panoja entre líneas F9 de la cruza SAL x HUA, genitores y testigos.	105
Figura 24.	Comparación de diámetro de panoja entre líneas F9 de la cruza PAS x KCA, genitores y testigos.	107
Figura 25.	Comparación de diámetro de panoja entre líneas F9 de la cruza SAL x PAN, genitores y testigos.	108
Figura 26.	Comparación de diámetro de panoja entre líneas F9 de la cruza COL x KCA, genitores y testigos.	110
Figura 27.	Comparación de diámetro de panoja entre líneas F9 de la cruza SAL x COL, genitores y testigos.	111
Figura 28.	Comparación de días de madurez fisiológica entre líneas F9 de la cruza HUAxKCA, genitores y testigos.	114
Figura 29.	Comparación de madurez fisiológica de líneas F9 de la cruza SAL x HUA, genitores y testigos.	115
Figura 30.	Comparación de Madurez fisiológica de líneas F9 de la cruza PAS x KCA, genitores y testigos.	117
Figura 31.	Comparación de Madurez fisiológica de líneas F9 de la cruza SAL X PAN, genitores y testigos.	119
Figura 32.	Comparación de Madurez fisiológica de líneas F9 de la cruza COLxKCA, genitores y testigos.	120



Figura 33.	Comparación de Madurez fisiológica de líneas F9 de la cruza SALxCOL, genitores y testigos.	122
Figura 34.	Comparación de rendimiento de grano/planta entre líneas F9 de la cruza HUAxKCA, genitores y testigos.	125
Figura 35.	Comparación de rendimiento de grano/planta entre líneas F9 de la cruza SALxHUA, genitores (SAL y HUA) y testigos.	127
Figura 36.	Comparación de rendimiento de grano/planta entre líneas F9 de la cruza PASxKCA, genitores y testigos.	129
Figura 37.	Comparación de rendimiento de grano/planta entre líneas F9 de la cruza SALxPAN, genitores y testigos.....	131
Figura 38.	Comparación de rendimiento de grano/planta entre líneas F9 de la cruza COLxKCA, genitores y testigos.....	133
Figura 39.	Comparación de rendimiento de grano/planta entre líneas F9 de la cruza SALxCOL, genitores y testigos.....	135
Figura 40.	Comparación de rendimiento de grano/hectárea entre líneas F9 de la cruza HUAxKCA, genitores y testigos.	138
Figura 41.	Comparación de rendimiento de grano/hectárea entre líneas F9 de la cruza SALxHUA, genitores y testigos.	139
Figura 42.	Comparación de rendimiento de grano/hectárea entre líneas F9 de la cruza PASxKCA, genitores y testigos.	141
Figura 43.	Comparación de rendimiento de grano/hectárea entre líneas F9 de la cruza SALxPAN, genitores y testigos.....	142
Figura 44.	Comparación de rendimiento de grano/hectárea entre líneas F9 de la cruza COLxKCA, genitores y testigos.....	144
Figura 45.	Comparación de rendimiento de grano/hectárea entre líneas F9 de la cruza SALxCOL, genitores y testigos.....	146
Figura 46.	Comparación de días de floración entre cruzas simples, genitores y testigos.	149
Figura 47.	Comparación de la variable altura de planta entre cruzas, genitores y testigos.....	151
Figura 48.	Comparación de la variable longitud de panoja entre cruzas, genitores y testigos.....	153



Figura 49.	Comparación de la variable diámetro de panoja entre cruzas, genitores y testigos.....	155
Figura 50.	Comparación de días de madurez fisiológica entre las cruzas, genitores y testigos.....	157
Figura 51.	Comparación de la variable rendimiento de grano/planta entre cruzas, genitores y testigos.	160
Figura 52.	Comparación de la variable rendimiento de grano entre cruzas, genitores y testigos.....	162
Figura 53.	Evaluación del vigor de planta entre cruzas simples, genitores y testigos.	165
Figura 54.	Evaluación de color de grano entre cruzas y sus genitores.	166
Figura 55.	Comparación de la variable índice de cosecha entre cruzas simples, genitores y testigos.	168



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Análisis físico químico del suelo de CIP - Illpa Puno, Perú, 2017	57
Tabla 2.	Cruzas simples distantes y cercanas genéticamente, genitores y testigos de quinua en el experimento en el CIP – Illpa UNA Puno, Perú.....	60
Tabla 3.	Composición del experimento de las cruzas simples genéticamente distantes y cercanas de quinua en CIP Illpa Puno, Perú.	60
Tabla 4.	Población de plantas exóticas en el experimento de cruzas simples de quinua en CIP Illpa UNA Puno, Perú	62
Tabla 5.	Esquema de ANOVA de las líneas F9 de cada crusa simple distante y cercana genéticamente de quinua.....	67
Tabla 6.	Prueba de Tukey al 5% para días de floración (días) y las medias de las líneas F9 de la crusa HUAxKCA, genitores y testigos.	69
Tabla 7.	Prueba de Tukey al 5% para días de floración (días) y las medias de las líneas F9 de la crusa SAL X HUA, genitores y testigos.	71
Tabla 8.	Prueba de Tukey al 5% para días de floración (días) y las medias de las líneas F9 de la crusa PASxKCA, genitores y testigos.	73
Tabla 9.	Prueba de Tukey al 5% para días de floración (días) y las medias de las líneas F9 de la crusa SAL X PAN, genitores y testigos.....	75
Tabla 10.	Prueba de Tukey al 5% para días de floración (días) y las medias de las líneas F9 de la crusa COL x PAN, genitores y testigos.	77
Tabla 11.	Prueba de Tukey al 5% para días de floración (días) y las medias de las líneas F9 de la crusa SAL x COL, genitores y testigos.....	79
Tabla 12.	Prueba de Tukey al 5% para altura de planta (cm) y las medias de las líneas F9 de la crusa HUAxKCA, genitores y testigos.	82
Tabla 13.	Prueba de Tukey al 5% para altura de planta (cm) y las medias de las líneas F9 de la crusa SALxHUA, genitores y testigos.	83
Tabla 14.	Prueba de Tukey al 5% para altura de planta (cm) y las medias de las líneas F9 de la crusa PAS x KCA, genitores y testigos.	85
Tabla 15.	Prueba de Tukey al 5% para altura de planta (cm) y las medias de las líneas F9 de la crusa SAL x PAN, genitores y testigos.....	86
Tabla 16.	Prueba de Tukey al 5% para altura de planta (cm) y las medias de las líneas de la crusa COL x KCA, genitores y testigos.....	88



Tabla 17. Prueba de Tukey al 5% para altura de planta (cm) y las medias de las líneas F9 de la cruza SAL x COL, genitores y testigos.....	89
Tabla 18. Prueba de Tukey al 5% para longitud de panoja (cm) y las medias de las líneas F9 de la cruza HUAxKCA, genitores y testigos.	92
Tabla 19. Prueba de Tukey al 5% para longitud de panoja (cm) y las medias de las líneas F9 de la cruza SAL X HUA, genitores y testigos.	94
Tabla 20. Prueba de Tukey al 5% para longitud de panoja (cm) y las medias de las líneas F9 de la cruza PAS x KCA, genitores y testigos.	95
Tabla 21. Prueba de Tukey al 5% para longitud de panoja y las medias de las líneas F9 de la cruza SALxPAN, genitores y testigos.....	97
Tabla 22. Prueba de Tukey al 5% para longitud de panoja (cm) y las medias de las líneas F9 de la cruza COLxKCA, genitores y testigos.....	99
Tabla 23. Prueba de Tukey al 5% para longitud de panoja (cm) y las medias de las líneas F9 de la cruza SALxCOL, genitores y testigos.....	101
Tabla 24. Prueba de Tukey al 5% para diámetro de panoja (cm) y las medias de las líneas F9 de la cruza HUA x KCA, genitores y testigos.....	104
Tabla 25. Prueba de Tukey al 5% para diámetro de panoja (cm) y las medias de las líneas F9 de la cruza SAL x HUA, genitores y testigos.....	106
Tabla 26. Prueba de Tukey al 5% para diámetro de panoja (cm) y las medias de las líneas F9 de la cruza PAS x KCA, genitores y testigos.	107
Tabla 27. Prueba de Tukey al 5% para diámetro de panoja (cm) y las medias de las líneas F9 de la cruza SAL x PAN, genitores y testigos.	109
Tabla 28. Prueba de Tukey al 5% para diámetro de panoja (cm) y las medias de las líneas F9 de la cruza COL X KCA, genitores y testigos.....	110
Tabla 29. Prueba de Tukey al 5% para diámetro de panoja (cm) y las medias de las líneas F9 de la cruza SALxCOL, genitores y testigos.	112
Tabla 30. Prueba de Tukey al 5% para madurez fisiológica (días) y las medias de las líneas F9 de la cruza HUA X KCA, genitores y testigos.....	114
Tabla 31. Prueba de Tukey al 5% para madurez fisiológica (días) y las medias de las líneas F9 de la cruza SAL X HUA, genitores y testigos.....	116
Tabla 32. Prueba de Tukey al 5% para madurez fisiológica (días) y las medias de las líneas F9 de la cruza PASxKCA, genitores y testigos.	118



Tabla 33.	Prueba de Tukey al 5% para madurez fisiológica (días) y las medias F9 de las líneas de la cruza SAL X PAN, genitores y testigos.....	119
Tabla 34.	Prueba de Tukey al 5% para madurez fisiológica (días) y las medias de las líneas F9 de la cruza COLxKCA, genitores y testigos.	121
Tabla 35.	Prueba de Tukey al 5% para madurez fisiológica (días) y las medias de las líneas F9 de la cruza SAL X COL, genitores y testigos.	122
Tabla 36.	Prueba de Tukey al 5% para rendimiento de grano/ planta ($g.planta^{-1}$) y las medias de las líneas F9 de la cruza HUAXKCA, genitores y testigos.	126
Tabla 37.	Prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento de grano/planta ($(g.planta^{-1})$)de las líneas F9 de la cruza SALxHUA, genitores y testigos.	128
Tabla 38.	Prueba de Tukey (5%) para la variable rendimiento de grano/planta ($g.planta^{-1}$) de las líneas F9 de la cruza PASxKCA, genitores y testigos.	130
Tabla 39.	Prueba de Tukey (5%) para la variable rendimiento de grano/planta ($g.planta^{-1}$) de las líneas F9 de la cruza SALxPAN, genitores y testigos.	132
Tabla 40.	Prueba de Tukey (5%) para la variable rendimiento de grano/planta ($g.planta^{-1}$) de las líneas F9 de la cruza COLxKCA, genitores y testigos.	134
Tabla 41.	Prueba de Tukey (5%) para la variable rendimiento de grano/planta ($g.planta^{-1}$) de las líneas F9 de la cruza SALxCOL, genitores y testigos.	135
Tabla 42.	Prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento de grano/hectárea ($kg.ha^{-1}$) de las líneas F9 de la cruza HUAXKCA entre genitores y testigos.....	138
Tabla 43.	Prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento de grano/hectárea ($kg.ha^{-1}$) de las líneas F9 de la cruza SALxHUA, genitores y testigos.....	140
Tabla 44.	Prueba de Tukey al 5% para el variable rendimiento de grano/hectárea ($kg.ha^{-1}$) entre líneas F9 de la cruza PASxKCA, genitores y testigos.	141
Tabla 45.	Prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento de grano/hectárea ($kg.ha^{-1}$) entre líneas F9 de la cruza SALxPAN, genitores y testigos.....	143
Tabla 46.	Prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento de grano/hectárea ($kg.ha^{-1}$) entre líneas F9 de la cruza COLxKCA, genitores y testigos.....	145
Tabla 47.	Prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento de grano/hectareá ($kg.ha^{-1}$) entre líneas F9 de la cruza SALxCOL, genitores y testigos.....	147
Tabla 48.	Prueba de Tukey al 5% para la variable días de floración (días) entre cruza, genitores y testigos.....	150



Tabla 49. Prueba de Tukey al 5% para la variable altura de planta (cm) entre cruzas, genitores y testigos.....	152
Tabla 50. Prueba de Tukey al 5% para la variable longitud de panoja (cm) entre cruzas, genitores y testigos.....	154
Tabla 51. Prueba de Tukey al 5% para la variable altura de planta (cm) entre cruzas, genitores y testigos.....	156
Tabla 52. Prueba de Tukey al 5% para la variable días de floración (días) entre cruzas, genitores y testigos.....	158
Tabla 53. Prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento de grano/planta (g.planta ⁻¹) entre cruzas, genitores y testigos.....	160
Tabla 54. Prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento de grano (kg.ha ⁻¹) entre cruzas, genitores y testigos.	162
Tabla 55. Prueba de Tukey al 5% para la variable índice de cosecha (%) entre cruzas, genitores y testigos.....	168



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

HUAxKCA	:	Huariponcho x Kcancolla
SALxHUA	:	Salcedo INIA x Huariponcho
PASxKCA	:	Pasankalla x Kcancolla
SALxPAN	:	Salcedo INIA x Pandela Rosada
COLxKCA	:	Negra collana x Kcancolla
SALxCOL	:	Salcedo INIA x Negra Collana
HUA	:	Huariponcho
KCA	:	Kcancolla
PAS	:	Pasankalla
COL	:	Negra Collana
PAN	:	Pandela Rosada
SAL	:	Salcedo INIA
Kg. ha ⁻¹	:	Kilogramos por hectárea
g.planta ⁻¹	:	Gramos por planta
CV	:	Coefficiente de varianza
IC	:	Índice de cosecha
%	:	Porcentaje



RESUMEN

El trabajo de investigación de evaluación del comportamiento agronómico de líneas F9 en las cruzas simples en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), se ejecutó en Centro de Investigación y Producción (CIP) – Illpa, de la Universidad Nacional del Altiplano Puno, ubicado a una altitud de 3815msnm, en la campaña agrícola del año 2017 – 2018. Con la finalidad de evaluar el comportamiento agronómico de líneas F9, cruzas simples distantes y cercanas genéticamente, genitores y testigos. Se utilizó el diseño de Lattice 10x10 con dos repeticiones, compuesto por 90 líneas, 6 genitores y 4 testigos en cada craza, con dos repeticiones, los datos fueron analizados por el software R. Respecto al comportamiento agronómico, las líneas promisorias F9 de las cruzas simples distantes y cercanas genéticamente obtuvieron rendimientos de grano de SALxCOL37 con 4730.38 kg.ha⁻¹, COLxKCA187 con 4056.53 kg.ha⁻¹, HUAXKCA15 con 3644.14 kg.ha⁻¹, SALxPAN57 con 3553.08 kg.ha⁻¹, SALxHUA57 con 3525.13kg.ha⁻¹ y PASxKCA91 con 3401.18 kg.ha⁻¹, mientras que las líneas precoces fueron HUAXKCA182, SALxHUA178, PASxKCA77, SALxPAN77 y COLxKCA150 con 155, 156, 170, 167, 158 y 162 días de madurez fisiológica respectivamente. La craza simple con mayor rendimiento fue SALxCOL, con 3014.2 kg.ha⁻¹ y la precoz fue HUAXKCA llegando a la madurez fisiológica a los 160 días. El mayor índice de cosecha obtuvo la craza HUAXKCA con 48.13% mientras que en los genitores y testigos varió de 22.01 a 36.58%. Las líneas F9 fueron superiores que los genitores y los testigos, obteniendo ganancia genética.

Palabras claves: *Chenopodium quinoa*, rendimiento, comportamiento agronómico genitores y precoz



ABSTRACT

The research work evaluating the agronomic behavior of F9 lines in simple crosses in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), Was carried out at the Research and Production Center (CIP) - Illpa, at National University of the Puno Highlands, located at altitude of 3815msnm, in the agricultural campaign of the year 2017 - 2018. With the determination to evaluate and compare the agronomic behavior and the performance of F9 lines, simple distant and genetically detected crosses, generators and witnesses. The design of Lattice 10x10 with two repetitions, consisting of 90 lines, 6 genitors and 4 witnesses at each cross, with two repetitions, were analyzed. The data were analyzed by the R software. Regarding agronomic behavior, the promising F9 lines of the Distant and genetically simple crosses obtained grain yields of SALxCOL37 with 4730.38 kg.ha-1, COLxKCA187 with 4056.53 kg.ha-1, HUAxKCA15 with 3644.14kg.ha-1, SALxPAN57 with 3553.08 kg.ha-1 and HUAxKCA15 with 3644.14 kg .ha-1, while the early lines were HUAxKCA182, SALxHUA178, PASxKCA77, SALxPAN77 and COLxKCA150 with 155, 156, 170, 167, 158 and 162 days of physiological maturity respectively. The single cross with the highest yield was SALxCOL, with 3014.2 kg.ha-1 and the early one was HUAxKCA reaching physiological maturity at 160 days. The highest harvest index obtained the HUAxKCA cross with 48.13% while in the generators and controls it varied from 22.01 to 36.58%. The F9 lines were higher than the genitors and witnesses, obtaining genetic gain.

Keywords: *Chenopodium quinoa*, yield, agronomic behavior, genitors and precocious.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) es un cultivo andino domesticado hace miles de años por las antiguas culturas de la región andina de Sur América (Gómez y Aguilar, 2016). Es cultivada en todos los Andes, principalmente en Perú y Bolivia, desde hace más de 7.000 años por culturas pre incas e incas (Mujica y Jacobsen, 2016). En los últimos tiempos ha aumentado el interés por el producto en los Estados Unidos, Europa y Asia (Jacobsen, 2003).

La quinoa ha sido seleccionada por la FAO como uno de los cultivos destinados a ofrecer seguridad alimentaria en el próximo siglo (Jacobsen, 2003). Es altamente resistente a múltiples estreses abióticos y su semilla posee elevado valor nutricional que cualquier otro cereal importante (Zou *et al.*, 2017). Desafía condiciones ambientales muy diferentes desde Bolivia de los 4.500 m de altitud, hasta el nivel del mar en Chile (Vega *et al.*, 2010). Las condiciones extremas lo hacen importante para la diversificación de los sistemas agrícolas futuros, especialmente en áreas de gran altitud (Bhargava, Shukla y Ohri, 2006).

La variabilidad genética de la quinoa es enorme, con los cultivares de quinoa adaptados a crecimiento desde el nivel del mar hasta 4000 metros sobre el nivel del mar (msnm), desde la latitud 40S hasta la 28N, y desde el clima frío de las tierras altas hasta condiciones subtropicales (Jacobsen, 2003). Es una planta eficiente al uso de agua, es tolerante y resistente a la falta de humedad del suelo y permite producciones aceptables con precipitaciones de 100 a 200 mm por lo cual en 1996 la quinoa fue catalogada por la FAO como uno de los cultivos promisorios de la humanidad (Gómez y Aguilar, 2016).



El cultivo de este grano ha despertado muchas expectativas entre los agricultores de nuestros países como Perú, Colombia y Ecuador debido a la demanda que empezó a generarse tanto en los mercados locales como internacionales, por sus cualidades nutraceuticas y por el balance ideal de aminoácidos (Mujica *et al.*, 2013). La proteína de grano es rico en aminoácidos como la lisina y la metionina que son deficientes en los cereales (Bhargava *et al.*, 2006).

La quinua tiene enormes potencialidades para el desarrollo sustentable de las zonas frías, altas y templadas del continente sudamericano. Es capaz de otorgar seguridad alimentaria a los pueblos que la cultivan debido a su elevado valor nutritivo cuyo balance ideal de aminoácidos esenciales hace que sea uno de los alimentos más completos que se conoce en el reino vegetal (Supúlveda, Thomet, Palazuelos y Mujica, 2004). Además se busca producir más alimentos para satisfacer las necesidades cambiantes de la humanidad, sin atentar la conservación de recursos naturales, para cual es necesario realizar investigaciones sobre el mejoramiento genético de plantas que pueda adaptarse al cambio climático, a fin de lograr una buena característica agromofológicas con mayores rendimientos (Camarena, Chura y Blas, 2012).

Es fundamental alcanzar mediante el mejoramiento genético de quinua el rendimiento potencial, adaptabilidad, incorporación de resistencia y/o tolerancia a plagas y enfermedades, así como el desarrollo de germoplasma para distintos usos específicos, para lo cual las herramientas convencionales y la biotecnología deberán ser integradas para estudiar la diversidad genética y el potencial de la quinua (Jacobsen, 2003).

1.1. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

La quinua tiene una capacidad amplia para adaptarse a condiciones ecológicas diferentes, sin embargo, en comparación con otros cereales, la quinua no ha sido objeto



de un mejoramiento genético sistemático y exhibe una gran variedad de entradas con las características diversas (Delgado, Palacios y Betancourt, 2009).

Los agricultores que cultivan quinua manejan sus cultivos con un nivel tecnológico que los hace poco competitivos, sus rendimientos esperados no superan los 600 a 900 kg ha⁻¹ en época lluviosa y de 60 kg ha⁻¹ en periodos de sequía, motivo por el cual es necesario innovar tecnologías que permitan mejoras en el proceso productivo, como variedades mejoradas a partir de su propio germoplasma, sistemas de riego, maquinarias de poscosecha, entre otros (Delatorre, Sánchez, Delfino y Oliva, 2013).

El agricultor cultiva variedades tardías, con bajos rendimientos de grano, de mala calidad de grano y susceptible a enfermedades (*Eurysacca quinoa* Povolny) y plagas (*Peronospora variabilis* Gäum) por lo que exige variedades de mayor rendimiento a menor costo de producción, precoz, tolerante a los factores abióticos y resistentes a las plagas y enfermedades, razones por las cuales es necesario realizar trabajos de investigaciones relacionadas a la evaluación del comportamiento agronómico de las líneas F9 (novena generación) de las cruzas simples de quinua que nos permitirá identificar progenies con mejor comportamiento agronómico y mayor rendimiento requerido por el agricultor.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Algún genotipo de las líneas F9 de las cruzas simples genéticamente distantes y cercanas obtendrá mejor comportamiento agronómico frente a los genitores y testigos?

¿Existirá genotipos con mejores características agronómicas de las cruzas simples genéticamente distantes y cercanas?



1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

Hipótesis general

En las líneas F9 de las cruzas simples genéticamente distantes y cercanas, existen genotipos con buen comportamiento agronómico.

Hipótesis específico

En las líneas F9 de cruzas simples genéticamente distantes y cercanas, genitores y testigos existen genotipos con buen comportamiento agronómico.

En las líneas F9 de cruzas simples de la genéticamente distantes y cercanas, existen genotipos con características agronómicas.

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La quinua es un grano que posee características intrínsecas sobresalientes, entre ellas: su amplia variabilidad genética cuyo acervo genético es extraordinariamente estratégico para desarrollar variedades superiores (precocidad, color y tamaño de grano, resistencia y/o tolerancia a factores bióticos y abióticos, rendimiento de grano y subproductos) (Biodiversity International y FAO, 2013).

Debido a su alta calidad nutricional y a la capacidad de soportar condiciones ambientales extremas, la quinua ha sido seleccionada como uno de los cultivos destinados a ofrecer seguridad alimentaria en el siglo XXI. A esto se suma que en la última década la quinua ha ganado espacio en los mercados de consumo a nivel internacional, lo cual abre oportunidades económicas para los productores andinos del país (Jacobsen y Sherwood, 2002).



El objetivo principal en un programa de mejoramiento genético de plantas es incrementar la producción y la calidad de los productos agrícolas por unidad de superficie, en menor tiempo, con el mínimo esfuerzo y al menor costo de producción (Paredes, 2002). Mediante el mejoramiento genético de quinua se centra en encontrar materiales genéticos con alto rendimiento, libre de saponina, grano grande, resistencia a plagas y enfermedades, plantas uniformes, erectas y cortas, de panoja únicamente terminal y glomérulos concentrados (Delgado *et al.*, 2009).

El proyecto de investigación está enfocado en el mejoramiento genético por hibridación donde se trabajó con líneas promisorias de las cruzas simples distantes y cercanas genéticamente de quinua, una vez concluido con el mejoramiento genético se generará nuevas variedades de quinua con mejores características, que permitan cultivar la quinua en distintas zonas agroecológicas del mundo, con el fin de contribuir con la seguridad alimentaria.

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo general

Evaluar el comportamiento agronómico entre las líneas F9, cruzas simples genéticamente distantes y cercanas, genitores y testigos.

Objetivos específicos

Evaluar el comportamiento agronómico (floración, altura de planta, longitud de panoja, diámetro de panoja, madurez fisiológica, rendimiento de grano/planta y rendimiento de grano/hectárea) de las líneas F9 de las cruzas simples distantes y cercanas genéticamente, genitores y testigos.



Evaluar el comportamiento agronómico (floración, altura de planta, longitud de panoja, diámetro de panoja, madurez fisiológica, rendimiento de grano/planta y rendimiento de grano/hectárea, vigor, color de grano e índice de cosecha) de las cruzas simples genéticamente distantes y cercanas con genitores y testigos.



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Origen

La quinua es originario de la región andina de América del Sur, muestra la mayor distribución de formas, diversidad de genotipos y de progenitores silvestres, en los alrededores del lago Titicaca de Perú y Bolivia, encontrándose la mayor diversidad entre Potosí – Bolivia y Sicuani, Cusco – Perú. Existen pocas evidencias arqueológicas, lingüísticas, etnográficas e históricas sobre la quinua. Sin embargo, existen evidencias claras de la distribución de los parientes silvestres, botánicas y citogenéticas, lo que posiblemente demuestra que su domesticación duro mucho tiempo (Mujica *et al.*, 2013).

La zona andina comprende uno de los ocho mayores centros de domesticación de plantas cultivadas del mundo, dando origen a uno de los sistemas agrícolas más sostenibles y con mayor diversidad genética en el mundo. La quinua es una planta autóctona de los andes y en su historia se reconoce que fue utilizada como alimento desde hace 5000 años (Peralta, 1985). Ha ido adquiriendo diferentes adaptaciones y modificaciones de acuerdo al clima, suelos, precipitación pluvial, altitud, intensidad de domesticación y mejoramiento por los diferentes grupos humanos y culturas que las utilizaron (Mujica, 2015).

2.1.2. Cultivo de quinua

La quinua es una especie que presenta amplia diversidad genética y distribución geográfica muy diversa (Supúlveda *et al.*, 2004). Es una planta anual, dicotiledónea, usualmente herbácea, que alcanza una altura de 0,2 a 3,0 m.



Las plantas pueden presentar diversos colores que van desde verde, morado a rojo y colores intermedios entre estos. El tallo principal puede ser ramificado o no, depende del ecotipo, raza, densidad de siembra y de las condiciones del medio en que se cultiven, es de sección circular en la zona cercana a la raíz, transformándose en angular a la altura de las ramas y hojas. Es más frecuente el hábito ramificado en las razas cultivadas en los valles interandinos del sur del Perú y Bolivia, en cambio el hábito simple se observa en pocas razas cultivadas en el altiplano y en una buena parte de las razas del centro y norte del Perú y Ecuador (Tapia, 2000).

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es una planta que se siembra principalmente en la región de la sierra del Perú. Es un alimento importante por sus características nutricionales; sin embargo, el rendimiento de producción, cosecha y la calidad de grano se encuentra limitado por los factores abióticos y bióticos originados por el cambio climático en los Andes del Perú (Montesinos, 2017).

La quinua es una planta herbácea anual, dicotiledónea de amplia dispersión geográfica, con características peculiares en su morfología, coloración y comportamiento en diferentes condiciones ambientales y se cultiva desde el nivel del mar hasta los 4 000msnm; muy tolerantes a factores climáticos adversos como sequía, helada, salinidad de suelos entre otros que afectan al cultivo (Zanabria y Mamani, 2017).

2.1.3. Importancia

La capacidad de la quinua para producir granos ricos en proteínas en condiciones ecológicamente extremas hace que sea importante para la diversificación de los futuros sistemas agrícolas. La planta muestra tolerancia a las heladas, salinidad y sequía, y tiene la capacidad de crecer en suelos marginales. Es altamente nutritivo debido a su excelente calidad proteica y su amplia gama de minerales y vitaminas, la proteína del grano es rica



en aminoácidos como la lisina y la metionina que son deficientes en cereales (Bhargava *et al.*, 2006).

2.1.4. Numero cromosómico

El género *Chenopodium*, ha sido dividido en secciones entre las cuales se encuentra *Chenopodia* y *Ambrina*, dentro de la primera esta la subsección *Cellulata*, ubicado dentro de ella a *Chenopodium quinoa* con $2n=4x=36$ cromosomas, *C. berlandieri* ssp. *Nuttalliae* con $2n=4x=36$ cromosomas y *C. hircinum* con $2n=4x=36$ cromosomas, sinónimo de *C. quinoa* ssp. *Mille anum*. Siendo el numero cromosómico básico de la quinua cromosomas (Mujica y Chura, 2012).

2.1.5. Posición taxonómica

Reino	: Plantae
Sub reino	: Viridiplantae
Superdivision	: Streptophyta
División	: Tracheophyta
Subdivision	: Spermatophytina
Clase	: Magnoliopsida
Superorden	: Caryophyllales
Orden	: Caryophyllales
Familia	: Amaranthaceae
Género	: <i>Chenopodium</i> L.
Especie	: <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. (ITIS, 2019).



2.1.6. Descripción morfológica

2.1.6.1. Planta

La planta es erguida , alcanza alturas variables desde 30 a 300cm, dependiendo del tipo de la quinua, de los genotipos, de las condiciones ambientales donde crece, de la fertilidad de los suelos; las de valles tienen mayor altura que las que crecen por encima de los 4000msnm y las zonas frías, en zonas abrigadas y fértiles las plantas alcanzan las mayores alturas, su coloración varía con los genotipos y fases fenológicas (Mujica y Chura, 2012).

2.1.6.2. Raíz

La raíz de la quinua puede tener una profundidad de 0,50 a 2,80 m dependiendo de la raza, el ecotipo, el tipo de suelo. En general la raíz es fuerte como para soportar el peso de la planta (Bonifacio, 2006). Es pivotante, vigorosa y profunda, bastante ramificada y fibrosa, lo cual posiblemente le da resistencia a la sequía y buena estabilidad a la planta, alcanzando en casos de la sequía hasta 1.80m de profundidad y teniendo alargamiento lateral, sus raicillas o pelos absorbente nacen a distintas alturas, en algunos casos son tenues y muy delgadas (Mujica y Chura, 2012).

La germinación de la quinua se inicia a pocas horas de tener humedad alargándose primero la radícula que continúa creciendo y da lugar a una raíz pivotante vigorosa que puede llegar hasta 30 cm de profundidad. A partir de unos pocos centímetros del cuello, empieza a ramificarse en raíces secundarias, terciarias, etc., de las cuales salen las raicillas que también se ramifican en varias partes. Algunas raicillas son excesivamente tenues y largas, como un cabello de más de 5 centímetros de longitud (Tapia *et al.*, 1979).



2.1.6.3. Tallo

El tallo es cilíndrico en el cuello de la planta y anguloso a partir de las ramificaciones, puesto que las hojas son alternas dando una configuración excepcional, el grosor del tallo también es variable siendo mayor en el ápice dependiendo de los genotipos y condiciones ambientales (Mujica *et al.*, 2013). De acuerdo a Bonifacio (2006), los tallos puede ser simple (ecotipos del altiplano) o ramificado (ecotipos del valle) que frecuentemente es influido por la densidad de siembra y la fertilidad del suelo y los hábitos de crecimiento ramificado o simple influyen en los métodos de cosecha.

2.1.6.4. Hojas

La hoja está formada por el pecíolo y la lámina. Los pecíolos son largos, finos, acanalados en su lado superior y de un largo variable dentro de la misma planta. Los que nacen directamente del tallo son más largos, y los de las ramas primarias más cortos (Tapia *et al.*, 1979).

La coloración de la hoja es muy variables; del verde al rojo con diferentes tonalidades y puede medir hasta 15cm de largo por 12cm de ancho, presenta nervaduras muy pronunciadas y fácilmente visibles que nacen del peciolo y que generalmente son número de tres, existen genotipos que tienen abundante cantidad de hojas y otros con menor, mayormente las quinuas de valle tienen abundante follaje. (Mujica *et al.*, 2013).

La lámina de la hoja tiene tres venas principales que se originan del peciolo. Las láminas son más grandes que el follaje y más pequeñas en la inflorescencia. Las láminas son polimórficas en la misma planta. Las láminas de la planta o follaje pueden ser triangulares o romboidales y las de inflorescencia pueden ser triangulares o lanceoladas.



Las hojas pueden tener márgenes enteros, dentados o aserrados. El número de dientes es variable, puede variar de 3 a 20. Las hojas y las partes tiernas de la planta están generalmente cubiertas con una pubescencia vesicular– granular blanca, rosada o púrpura. Esta pubescencia granular contiene oxalato de calcio capaz de absorber agua del medio ambiente e incrementar la humedad relativa de la atmósfera que rodea las hojas, influenciando el comportamiento de las células guarda de los estomas; por lo tanto en la transpiración. El color de la lámina predominantemente es verde; en algunas variedades puede observarse hojas de color verde-púrpura. A la madurez las láminas se tornan amarillas, naranjas, rosadas, rojas o púrpura (Gómez y Aguilar, 2016).

2.1.6.5. Inflorescencia

Es una panoja típica, constituida por un eje central y ramificaciones secundarias, terciarias y pedicelos que sostienen a los glomérulos. El eje principal está más desarrollado que los secundarios, esta puede ser laxa (Amarantiforme) o compacta (Glomerulada), existiendo formas intermedias entre ambas. La longitud de la panoja es variable, dependiendo de los genotipos, tipo de quinua, lugar donde se desarrolla y condiciones de fertilidad de los suelos, alcanzando de 30 a 80 cm de longitud por 5 a 30 cm de diámetro, el número de glomérulos por panoja varía de 80 a 120 y el número de semilla por panoja de 100 a 3000, encontrando panojas grandes que rinden hasta 500 gramos de semillas por inflorescencia (Zanabria y Mamani, 2017).

2.1.6.6. Flores

La quinua es una especie con gran número de flores perfectas muy pequeñas (3 - 4mm) agrupadas para formar la inflorescencia (Ward, 2000). Son incompletas, sésiles y desprovistas de pétalos, pueden ser hermafroditas, pistiladas (femeninas) y androesteriles (Zanabria y Mamani, 2017). Tienen hábito autógamo como alógamo, faltando determinar



con precisión el porcentaje de alogamia en algunos genotipos, en general se indica que tiene 10% de polinización cruzada, sin embargo en algunas variedades alcanza hasta el 80% (Kcancolla) y en otras el 17% (Piartal) (Mujica y Chura, 2012).

Las flores presentan, por lo general un perigonio sepaloide, rodeado de cristales de oxalato de calcio generalmente cristalinas, con cinco sepalos, de color verde, un androceo con cinco estambres cortos, curvos de color amarillo y filamentos cortos y gineceo con estigma central, plumoso y ramificado con dos a tres ramificaciones estigmáticas, ovario episoidal, supero, unilocular, las flores hermafroditas, en el glomérulo, son apicales y sobresalen a las pistiladas en los trabajos de cruzamiento se ha observado una gran cantidad de aberraciones florales en quinua, tales como protoandría, pues se observan estambres secos cuando las flores están totalmente abiertas y protoginia, observando ramas estigmáticas extendidas sin apertura de las tecas de los estambres, flores ginomonoicos, encontrando solo ramas estigmáticas en las partes inferiores de las flores, aunque es común observar flores en distintas fases de desarrollo en el mismo glomérulo, en antesis, madurez y secas (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.6.7. Fruto

Es un grano seco de tipo aquenio, tiene una forma cilíndrica – lenticular, levemente ensanchado hacia el centro. Está constituido por el perigonio que envuelve a la semilla por completo, y contiene una sola semilla, de coloración variable, la cual se desprende con facilidad a la madurez (Zanabria y Mamani, 2017). El fruto tiene un diámetro de 1.5 a 4mm y el contenido de la humedad del fruto a la cosecha es de 14.5%. Es seco e indehisciente en la mayoría de los genotipos cultivados, dejando caer las semillas a la madurez en los silvestres y en algunas accesiones del banco de germoplasma se observa dehiscencia pronunciada (Mujica y Chura, 2012).

2.1.6.8. Semilla

Constituye la parte del fruto maduro sin el perigonio, es de forma lenticular, elipsoidal, cónica o esferoidal, presentando tres partes definidas que son: a). Episperma; en ella se ubica la saponina que le da el sabor amargo del grano y cuya adherencia a la semilla es variable con los genotipos, b) Embrión; está formado por dos cotiledones y la radícula que constituye el 30% de volumen total de la semilla, el cual envuelven al perisperma como un anillo y c) Perisperma; Es el principal tejido de almacenamiento y está constituido principalmente por granos del almidón, representa el 60% de la superficie de la semilla (Zanabria y Mamani, 2017).

2.1.7. Fenología del cultivo

La fenología está definido como los cambios externos visibles del proceso de desarrollo de la planta , los cuales son resultado de las condiciones ambientales, cuyo seguimiento es una tarea muy importante para agrónomos y agricultores, puesto que ello servirá para efectuar futuras programaciones de las labores culturales, riegos, control de plagas y enfermedades, aporques e identificación de épocas críticas (Zanabria y Mamani, 2017). La quinua presenta fases fenológicas bien marcadas y diferenciadas, las cuales permiten identificar los cambios que ocurren durante el desarrollo de las plantas, se han determinado 14 fases fenológicas (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.7.1. Emergencia

La plántula emerge del suelo y extiende los cotiledones, se observa en el surco las plántulas en forma de hileras nítidas, ocurre de 7 a 10 días de la siembra, en esta fase son susceptibles al ataque de aves, emergen las dos hojas cotiledonales protegidos por el epispermo y perigonio, dando la apariencia de mostrar la semilla encima del talluelo facilitando el consumo de las palomas y otras aves, por la succulencia de los cotiledones



(Zanabria y Mamani, 2017). El color del pericarpio o capa del fruto y el color del epispermo o capa de las semillas puede ser diferente en la misma semilla (Gómez y Aguilar, 2016).

2.1.7.2. Dos hojas verdaderas

Es cuando fuera de las hojas cotiledonales, de forma lanceolada, aparecen dos hojas verdaderas extendidas que ya poseen forma romboidal y se encuentran en botón el siguiente par de hojas, ocurre de los 15 a 20 días después de la siembra y muestra un crecimiento rápido de las raíces. En esta fase se produce generalmente el ataque de insectos cortadores de plantas tiernas tales como *Copitarsia turbata*, *Feltia experta*, *Agrotis ypsilon* (Mujica y Chura, 2013).

2.1.7.3. Cuatro hojas verdaderas

Se observan dos pares de hojas verdaderas extendidas y aún están presentes las hojas cotiledonales de color verde, encontrándose en botón foliar las siguientes hojas del ápice en inicio de formación de botones en la axila del primer par de hojas; ocurre de los 25 a 30 días después de la siembra, en esta fase la plántula muestra buena resistencia al frío y sequía; sin embargo es muy susceptible al ataque de masticadores de hojas como *Epitrix subcrinita* y *Diabotrica de color* (Mujica *et al.*, 2013)

2.1.7.4. Seis hojas verdaderas

En esta fase se observan tres pares de hojas verdaderas extendidas y las hojas cotiledonales se tornan de color amarillento. Esta fase ocurre de los 35 a 45 días de la siembra, en la cual se nota claramente una protección del ápice vegetativo por las hojas más adultas, especialmente cuando la planta está sometida a bajas temperaturas y al anochecer, stress por déficit hídrico o salino (Mujica *et al.*, 2013).



2.1.7.5. Ramificación

Se observa ocho hojas verdaderas extendidas con presencia de hojas axilares hasta el tercer nudo, las hojas cotiledonales se caen y dejan cicatrices en el tallo, también se nota presencia de inflorescencia protegida por las hojas sin dejar al descubierto la panoja, ocurre de los 45 a 50 días de la siembra, en esta fase la parte más sensible a las bajas temperaturas y heladas no es el ápice sino por debajo de este, y en caso de bajas temperaturas que afectan a las plantas, se produce el colgado del ápice. Durante esta fase se efectúa el aporque y fertilización complementaria para las quinuas de valle (Zanabria y Mamani, 2017).

2.1.7.6. Inicio de panojamiento

La inflorescencia va emergiendo del ápice de la planta, observando alrededor aglomeración de hojas pequeñas, las cuales van cubriendo a la panoja en sus tres cuartas partes; ello ocurre de los 55 a 60 días de la siembra, así mismo se puede apreciar amarillamiento del primer par de hojas verdaderas (hojas que ya no son fotosintéticamente activas) y se produce una fuerte elongación del tallo, así como engrosamiento. En esta etapa ocurre el ataque de la primera generación de *Eurissacca quinoae* Povolmy (Q'ona-q'ona), formando nidos, enrollando las hojas y haciendo minas en las hojas (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.7.7. Panojamiento

La inflorescencia sobresale por encima de las hojas, notándose los glomérulos que la conforman; asimismo, se puede observar en los glomérulos de la base los botones florales individualizados, ello ocurre de los 65 a los 70 días después de la siembra, a partir de esta etapa hasta inicio de grano lechoso se puede consumir las inflorescencias en reemplazo de las hortalizas de inflorescencia tradicional (Mujica *et al.*, 2013).



2.1.7.8. Inicio de floración

La flor hermafrodita apical se abre mostrando los estambres separados, ocurre de los 75 a 80 días de la siembra, en esta fase es bastante sensible a la sequía y heladas; se puede notar en los glomérulos las anteras protegidas por el perigonio de un color verde limón (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.7.9. Floración o antesis

La floración es cuando el 50 % de las flores de la inflorescencia se encuentran abiertas, lo que ocurre de los 85 a 95 días después de la siembra. Esta fase es muy sensible a las heladas, pudiendo resistir solo hasta -2°C , debe observarse la floración a medio día, ya que en horas de la mañana y al atardecer se encuentran cerradas, asimismo la planta comienza a eliminar las hojas inferiores que son menos activas fotosintéticamente, se ha observado que en esta etapa cuando se presentan altas temperaturas que superan los 38°C se produce aborto de las flores, sobre todo en invernaderos o zonas desérticas calurosas (Zanabria y Mamani, 2017).

2.1.7.10. Grano acuoso

Es cuando los frutos de la panoja están recientemente formados y al ser presionados por las uñas dejan salir un líquido acuoso algo espeso y de color cristalino, lo que ocurre de los 95 – 100 días después de la siembra, siendo muy corto este periodo (Mujica y Chura, 2012).

2.1.7.11. Grano lechoso

El estado de grano lechoso es cuando los frutos que se encuentran en los glomérulos de la panoja, al ser presionados explotan y dejan salir un líquido lechoso, lo



que ocurre de los 100 a 130 días de la siembra, en esta fase el déficit hídrico es sumamente perjudicial para el rendimiento, disminuyéndolo drásticamente (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.7.12. Grano pastoso

El estado del grano pastoso es cuando los frutos al ser presionados presentan una consistencia pastosa de color blanco, lo que ocurre de los 130 a 160 días de la siembra, en esta fase el ataque de la segunda generación de Q'ona q'ona (*Eurissacca quinoae* Povolmy) causa daños considerables al cultivo, formando nidos y consumiendo el grano (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.7.13. Madurez fisiológica

Es cuando el grano formado es presionado por las uñas, presenta resistencia a la penetración, ocurre de los 160 a 180 días después de la siembra, el contenido de humedad del grano varía de 14 a 16%, el lapso comprendido de la floración a la madurez fisiológica viene a constituir el periodo de llenado del grano, asimismo en esta etapa ocurre un amarillamiento completo de la planta y una gran defoliación (Mujica y Chura, 2012).

2.1.7.14. Madurez de cosecha

Es cuando la planta cosechada a madurez fisiológica es emparvada y los granos que se encuentran en las panojas han perdido suficiente humedad que facilita la trilla y el desprendimiento del grano contenido dentro del perigonio se efectúa con gran facilidad, el contenido de humedad del grano varía entre 12 – 13%, ello ocurre de los 180 a los 190 días (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.8. Requerimientos del cultivo.

Los más importantes para una adecuada producción son suelo, pH del suelo, clima, agua, precipitación, temperatura, radiación y altitud (Mujica *et al.*, 2013).



2.1.8.1. Suelo

La quinua prospera en una amplia gama de condiciones de suelo desde zonas áridas a regiones húmedas (Zurita *et al.*, 2014). Puede crecer en un rango amplio de diferentes tipos de suelos, siendo los óptimos los de buen drenaje francos, semi profundo con un alto contenido de materia orgánica (Gómez y Aguilar, 2016). El exceso de humedad de 4 a 7 días afectara el desarrollo de la planta, ocasionando incluso la muerte. A menudo se indica que la quinua es un cultivo rustico y que se produce en suelos pobres; si bien puede crecer en estos suelos, los rendimientos son bajos (Tapia y Fries, 2007).

2.1.8.2. pH

La quinua tiene un amplio rango de crecimiento y producción a diferentes pH del suelo, se ha observado que da producciones es buena en suelos alcalinos de hasta 9 de pH, en los suelos salares de Bolivia y de Perú, como también en condiciones de suelos ácidos encontrando el extremo de acidez donde prospera la quinua, equivalente a 4.5 de pH, en la zona de Michiquillay en Cajamarca, Perú (Mujica & Chura, 2012).

2.1.8.3. Clima

Se adapta a diferentes climas desde el desértico hasta climas calurosos y secos en la costa hasta frio y seco de las grandes altiplanicies, pasando por los valles interandinos templados y lluviosos, llegando hasta la cabecera de la ceja de selva con mayor humedad relativa y a la puna y zonas cordilleras de grandes altitudes, por ello es necesario conocer que genotipos son adecuados para cada una de las condiciones climáticas (Mujica *et al.*, 2013). El cultivo puede crecer con humedades relativas desde 40% hasta 88% de humedad, y la temperatura para el cultivo es de 15° a 20°C, pero puede soportar temperaturas desde -8°C hasta 38°C (Zanabria y Mamani, 2017).



2.1.8.4. Altitud y requerimiento hídrico.

Históricamente la quinua se ha cultivado desde el norte de Colombia hasta el sur de Chile desde el nivel del mar hasta los 4 000 m, pero su mejor producción se consigue en el rango de 2.500 a 3.800 m con una precipitación pluvial anual entre 250 y 500mm (Zanabria y Mamani, 2017).

2.1.8.5. Temperatura

Las temperaturas óptimas de crecimiento y desarrollo, dependiendo de las variedades, están en el rango de 15 a 25°C. Puede tolerar heladas y temperaturas altas durante las fases del desarrollo vegetativo y la formación de la inflorescencia y no desde la floración hasta el estado del grano pastoso. Tanto las bajas como las altas temperaturas originan esterilidad de polen y afectan el desarrollo y crecimiento de la planta, dando lugar a la esterilidad o granos inmaduros (Zanabria y Mamani, 2017).

2.1.8.6. Agua

En América del Sur, la precipitación varía mucho. Así en los andes ecuatorianos es de 600 a 800mm, en el valle de Mantaro de 400 a 800mm y en la zona de lago Titicaca de 500 a 800mm. Sin embargo conforme se desplaza al sur del Altiplano Boliviano y norte Chileno, la precipitación va disminuyendo hasta niveles de 50 a 100mm, condición en la que también se produce quinua y el Altiplano Sur de Bolivia es considerado la principal área geográfica donde se produce el cultivo y se atiende un buen porcentaje de la demanda internación del producto (Zanabria y Mamani, 2017).

2.1.8.7. Radiación

La radiación es importante, porque regula la distribución de los cultivos sobre la superficie terrestre y además influye en las posibilidades agrícolas de cada región. La



quinua soporta radiaciones extremas de las zonas altas de los andes, sin embargo estas altas radiaciones permiten compensar las horas calor necesarias para cumplir con su periodo vegetativo y productivo (Carrasco, 2016).

2.1.9. Practicas agronómicas

2.1.9.1. Preparación de suelos

Un suelo está preparado para la siembra cuando el suelo se encuentra suelto de 15 a 20 cm de profundidad bien mullido y nivelado, e influyen en la germinación y emergencia de plántulas y la competencia de malezas en los primeros estadios de la planta (Mujica y Chura, 2012). Esta labor es muy importante para el establecimiento de un campo de cultivo de quinua. La mala preparación repercute y afecta el rendimiento del cultivo y al mismo tiempo puede aumentar el daño a las plantas por efecto de las sequias y heladas a razón del poco vigor que alcanzaría en su desarrollo (Zanabria y Mamani, 2017).

2.1.9.2. Siembra

Es una de las labores culturales importantes porque de esta depende la emergencia de plántulas que tendrá incidencia en la densidad de plantas por superficie cultivada y en el rendimiento de grano a obtener. La siembra se puede realizar en diferentes épocas, dependiendo de la localidad, humedad del suelo y características de las variedades, que son factores que determinan el tipo de siembra tradicional y mecanizada (Zanabria y Mamani, 2017). Se debe realizar en condiciones ambientales favorables, en una temperatura adecuada de 15 – 20°C y humedad del suelo por lo menos en $\frac{3}{4}$ de capacidad de campo, que facilitara la germinación de semillas y se debe tomar en cuenta la época de siembra (Mujica y Chura, 2012).



2.1.9.3. Fertilización

La quinua es una planta exigente en nutrientes por lo cual requiere buena fertilización, los niveles a utilizar dependerán de la riqueza y contenido de nutrientes de los suelos donde se instalará la quinua, de la rotación utilizada y también del nivel de producción que se desea obtener. En la zona andina se siembra después de la papa, el contenido de materia orgánica y de nutrientes es favorable por la descomposición lenta del estiércol y preferencias nutricionales de la papa. La fórmula equivalente de fertilización promedio es: 80 – 40 – 00 de N – P - K, lo que equivale a 174kg.ha⁻¹ de urea del 46% y 88% de superfosfato triple de calcio del 46% y nada de potasio por la gran disponibilidad en los suelos de los Andes debido que en el suelo existen arcillas que retienen grandes cantidades de potasio (Mujica, Canahua, y Saravia, 2001)

2.1.9.4. Deshierbo

La quinua como cualquier otra planta es sensible a la competencia por malezas, sobre todo en los primeros estadios, por ello se recomienda efectuar deshierbas tempranas para evitar competencias por agua, nutrientes, luz y espacio, así como presencia de plagas y enfermedades para actuar como agentes hospederos, lo cual repercutirá en el futuro potencial productivo y calidad de semilla de quinua. El número de deshierbas depende de la población de malezas que se encuentran en el cultivo recomendándose realizar el primer deshierbo cuando las plantas tengan 20 cm de altura (Mujica y Chura, 2012).

2.1.9.5. Aporque

Los aporques son necesarios para sostener a la planta sobre todo en los valles interandinos donde la quinua crece en forma exuberante y requiere acumulación de tierra para mantenerse de pie y sostener las enormes panojas que se desarrollan, evitando el tumbado o vuelco de las plantas, asimismo le permite resistir los fuertes embates de los



vientos en las zonas ventosas y de fuertes corrientes de aire. Generalmente se recomienda un buen aporque antes de la floración y junto a la fertilización complementaria, que permitirá mayor enraizamiento y por lo tanto mayor sostenibilidad (Mujica y Chura, 2012).

2.1.9.6. Riego

La quinua en la zona andina es cultivada solamente con las precipitaciones pluviales y es en forma excepcional su uso, el cual constituye un elemento complementario con la finalidad de suministrar humedad en épocas de sequía prolongada o para adelantar la siembra (Zanabria y Mamani, 2017).

La cantidad mínima requerida para producir quinua es de 300 a 500 mm/ciclo/ha del cultivo, se considera que la quinua es una planta que soporta severos y prolongados periodos de falta de humedad durante las diferentes etapas de su crecimiento y desarrollo. Los momentos de mayor necesidad de agua son: germinación, panojamiento y floración (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.9.7. Cosecha

La cosecha de quinua se realizó con debida oportunidad para evitar no solo la pérdida por efectos adversos del clima y ataque de aves; sino por el deterioro de la calidad de grano. Si en la madurez existe un periodo de humedad ambiental alta (superior a 70%), se produce la germinación de granos en la panoja, con la consiguiente pérdida de la cosecha o por lo menos se produce amarillamiento y fermentación o cambio de color de granos provocando perdida de la calidad de cosecha (Mujica y Chura, 2012).



2.1.10. Plagas y enfermedades del cultivo

2.1.10.1. Plagas

Eurisacca quinoa Povolny

El incremento de poblaciones de polilla de quinua “kcona-kcona” (*Eurisacca quinoae*), en parcelas que tienden a mayor infestación, repercuten como uno de los factores importantes de producción, en la disminución de rendimiento y directamente el agricultor afrontara pérdidas económicas, que según sea el grado de infestación podrán ser hasta más de tres veces que las pedidas que se pueden tener en parcelas que conservan su rotación tradicional (Campos, Bravo, Valdivia y Soto, 2012).

Epicauta sp.

Pertenece al orden Coleóptera, familia de Meloidae, los adultos son fitófagos, alimentándose de hojas tiernas, a las cuales dejan solo las nervaduras, presentan élitros largos y tienen la capacidad de volar. En la sierra del Perú son muy conocidos en diferentes cultivos, como papa, quinua, haba y pastos naturales. Las especies reportadas por Wille (1952) fueron *E. latitarsis* y *E. willei*. Sin embargo las descripciones coinciden con las que hace Arnett (1980) para *E. pennsylvanica* y *E. pestífera* respectivamente (Bravo, 2012).

2.1.10.2. Enfermedades

Peronospora variabilis Gäum.

La enfermedad más importante de la quinua es el mildiu, causado por *Peronospora variabilis*, la temperaturas frescas y humedad alta (>80%) son factores que determinan el crecimiento del patógeno y la diseminación de la enfermedad en el campo y dentro de una región (Danielsen y Ames, 2000). Causa daños severos y la afecta tanto



en costa, en el altiplano como el valles interandinos, también se informa sus daños en otros lugares fuera de la región andina. Los mayores daños de la enfermedad se presentan en las hojas, provocando la reducción del área fotosintética de la planta, y consecuentemente afecta negativamente en el desarrollo de la planta y en el rendimiento (Gómez y Aguilar, 2016).

2.1.10.3. Ataque ornitológico

Se le puede considerar como una plaga porque estas atacan a las plantas en las últimas fases fenológicas, especialmente cuando el grano está en estado lechoso, pastoso o en pleno madurez fisiológico. Se alimentan de granos de la misma panoja, provocan caída de granos y contaminan con sus excrementos los granos de la panoja, además durante la siembra se comen los granos sembrados disminuyendo la densidad (Mujica *et al.*, 2013). Las especies de aves plaga de importancia en el cultivo de quinua son; *Patagioenas maculosa*, *Zenaida auriculata*, *Sicalis uropygialis*, *Zonotrichia capensis*. Se considera plaga clave a las dos primeras especies, al tercero y cuarto se conoce como plaga potencial (Loza, Clavitea, & Delgado, 2016).

2.1.11. Acciones de quinua

2.1.11.1. Kancolla

Obtenida por la selección masal de ecotipos de Cabanillas (Puno), grano mediano de 1.6 a 1.9mm de diámetro, de color blanco o rosado, con alto contenido de saponina, tipo de panoja glomerulada, el periodo vegetativo esta comprendido entre 160 a 180 días (tardia), con un potencial de rendimiento de 3 500 kg/ha, con tolerancia intermedia a mildiu (*peronospora variabilis*) y atacada por la kcona kcona (*Eurysaca quinoa*) (Mujica y Chura, 2012).



2.1.11.2. Huariponcho

Es una variedad más resistente a la granizada y las heladas. Fue descubierto en el distrito de Taraco, esta quinua es amarga y suele ser más defensiva frente al ataque de las aves. Esta quinua tiene un potencial de rendimiento de 2 205kg. Ha-1, además por tener una panoja gruesa motivo por el cual es resistente a la granizada (Reinoso y Paredes, 1998).

2.1.11.3. Negra collana

Conocido como INIA 420 – Negra Collana, fue liberado en la región de Puno en el año 2008 por Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). El método de mejoramiento fue compuesto de 13 accesiones, comúnmente conocidos como “Quyту jiwras”, a partir de las accesiones que fueron recolectadas en 1978, de las localidades de Caritamaya, distrito de Acora, provincia de Puno. Esta variedad se adapta en la zona agroecológica de Suni del altiplano entre los 3800 y 3900 msnm, con clima frío y seco, con precipitación pluvial de 400 a 550mm, con temperaturas de 4 a 15°C, en suelos de textura franco y franco arenoso con pH de 5.5 a 8.0, también se adapta en valles interandinos y a la costa peruana (Apaza, Caceres, Estrada y Pinedo, 2013). El ciclo vegetativo comprende de 138 días en el altiplano y 115 en valles interandinos, la altura de la planta es de 1.20 a 1.30m, la forma de la panoja es glomerulada. El grano, tiene el pericarpio de color gris y el episperma de color negro brillante. Tiene un rendimiento promedio de grano de 3.0 t/ha (Zanabria y Mamani, 2017).

2.1.11.4. Salcedo INIA

Esta variedad fue lograda por selección masal del cruce dialélico de 7 x 7 de las variedades Real Boliviana x Sajama, en la estación experimental de Salcedo INIA (Programa de Investigación de Cultivos Andinos - PICA), planta de color verde con



inflorescencia glomerulada, con una altura de 1.80m, de grano grande con diámetro de 1.8 a 2mm, de color blanco, panoja glomerulada, periodo vegetativo de 160 días (precoz), potencial de rendimiento 3500kg/ha, resistente a heladas (-2°C), tolerante al mildiu. De gran adaptación a diferentes altitudes, se recomienda su cultivo en la zona circunlacustre y otros como la costa y valles interandinos (Mujica y Chura, 2012).

2.1.11.5. Pasankalla

Resultado de seis años de investigación sistemática llevado a cabo por la estación experimental Agraria (EEA) Illpa – INIA Puno y es una respuesta a los problemas de producción, productividad y calidad de grano que afrontan los productores de la región. Con otras variedades se lograban un rendimiento medio de 900kg/ha mientras que con la variedad INIA – 415 – Pasankalla obtienen 3.5 t/ha de rendimiento (Mujica et al., 2013). La planta posee una altura de 1.30 a 1.40m, la forma de la panoja es glomerulada, el color de pericarpio es plomo claro, con rendimiento promedio de 3.0 t/ha y el contenido de saponina es de 0.00% (Zanabria y Mamani, 2017).

2.1.11.6. Pandela rosada

Es una variedad tardía que tiene como ciclo vegetativo de 189 días, posee una altura de planta de 113.1 cm, el diámetro de tallo mide 1.3 cm, con longitud de panoja de 28.8 cm, diámetro máximo de panoja de 4.8cm y tiene una panoja glomerulada (Zanabria y Mamani, 2017). Proveniente del altiplano sur de Bolivia y su potencial de rendimiento es de 2500 kg ha⁻¹ (Tapia, 2000).

2.1.12. Valor nutritivo

El contenido medio de proteína reportado en la literatura es de 12 – 23% (Abugoch, 2009). Midiendo en base a dos factores: el balance de los aminoácidos y el contenido de los llamados aminoácidos esenciales. La quinua sobresale en estos dos



factores, pues contiene 16 de los 24 aminoácidos existentes (Villacres, Peralta, Egas y Mazon, 2011). En relación con los granos de cereales, las proteínas de quinua son particularmente altas en lisina (5.1 - 6.4%), el aminoácido limitante en la mayoría de los granos de cereales y la metionina (0.4 – 1%), almacenan las proteínas en el embrión de la semilla y son consumidos directamente por los humanos (Abugoch, 2009).

2.1.13. Cromosoma

El número de cromosomas somáticos es $2n = 36$. Como el número de cromosomas básico para el género *Chenopodium* es $x = 9$, se asumió que la quinua es un tetraploide (Ward, 2000). Mediante la citología se ha demostrado que la quinua es una especie alotetraploide, lo cual es consistente con el alto grado de autofertilidad y los bajos niveles de depresión endogámica observados en esta especie (Palomino, Hernández y de la Cruz Torres, 2008).

2.1.14. Hibridación

La hibridación de la quinua puede realizarse entre plantas de diferentes variedades, ecotipos, accesiones y líneas avanzadas que se conoce como hibridación intravarietal o dentro la especie. La hibridación implica la participación de dos progenitores donde la planta madre es aquella en que se hace la emásculación y la planta padre es la que proporciona el polen para la planta madre, esta forma de hibridación se conoce como cruzamiento planta a planta, en algunos casos, debido a la corta duración de la anthesis en la planta padre, se practica la recolección de polen de varias plantas del surco del progenitor masculino, en ese caso se denomina cruzamiento planta por surco o planta. El primer caso de cruzamiento es procedimiento obligatorio para estudios genéticos, pero para fines de mejoramiento genético pueden ser aplicadas ambas forma de cruzamiento (Bonifacio, Mujica, Alvarez y Roca, 2000).



El método de mejoramiento por hibridación ofrece buenas perspectivas para lograr objetivos como alto rendimiento, tamaño del fruto, resistencia a enfermedades y otros caracteres agronómicos importantes. Dichos caracteres se encuentran presentes en las diferentes razas de quinua o variedades provenientes de las anteriores (Tapia *et al.*, 1979).

La hibridación de la quinua puede realizarse entre plantas de diferentes variedades, ecotipos, accesiones y líneas avanzadas que se conoce como hibridación intravarietal o dentro la especie. La hibridación implica la participación de dos progenitores donde la planta madre es aquella en que se hace la emásculación y la planta padre es la que proporciona el polen para la planta madre, esta forma de hibridación se conoce como cruzamiento planta a planta, en algunos casos, debido a la corta duración de la anthesis en la planta padre, se practica la recolección de polen de varias plantas del surco del progenitor masculino, en ese caso se denomina cruzamiento planta por surco o planta . El primer caso de cruzamiento es procedimiento obligatorio para estudios genéticos, pero para fines de mejoramiento genético pueden ser aplicadas ambas forma de cruzamiento (Bonifacio *et al.*, 2000).

2.1.15. Mejoramiento genético de plantas

El mejoramiento genético vegetal contribuye en la mejora de grado de sostenibilidad de los sistemas agropecuarios de producción, mediante el desarrollo de genotipos adaptados a nuevos requerimientos ambientales y nuevas demandas del mercado de consumo, esto requiere en el plano de la investigación genética (Camarena *et al.*, 2012).

Para alcanzar el resultado esperado en el mejoramiento de la quinua y justificar la inversión de las diferentes instituciones en tal sentido, se requiero conocimiento profundo



y exacto de su estructura genética y de su interacción con los diferentes factores ambientales. Sin el conocimiento profundo de los fundamentos del mejoramiento de las diferentes especies vegetales y la participación de otras ramas de la ciencia como genética, fitopatología, entomología, química, estadística y otras, lo más que se podrá lograr es un ligero aumento del rendimiento (Tapia *et al.*, 1979).

El objetivo del mejoramiento genético en quinua ha respondido a las demandas de productores, la industria y del consumidor, incorporando las necesidades locales, el objetivo primario continúa siendo; el rendimiento, adaptabilidad, tolerancia y/o resistencia a plagas y enfermedades, y calidad para distintos usos. Los esfuerzos de mejoramiento en quinua están concentrados en incrementar la resistencia durable contra el mildiu y combinar la resistencia con otros caracteres deseables como precocidad, dulzura y tolerancia a la sequía, otro de gran interés es el contenido de saponina que ha representado un problema para la masificación de la quinua, el objetivo mediante el mejoramiento es tener presencia escasa o nula de saponina (TIERRA ADENTRO, 2015)

2.1.16. Autofecundación

La autofecundación artificial consiste en la autopolinización controlada para propósitos específicos. La autofecundación es el procedimiento imprescindible aplicado en la primera generación filial después del cruzamiento (F1) para obtener la población segregante F2. Por otra parte, la autofecundación es un procedimiento apropiado para la obtención de líneas puras a partir de variedades y/o accesiones mezcladas y poblaciones segregantes (Bonifacio *et al.*, 2000).

La técnica de autofecundación en quinua consiste en el aislamiento previo a la anthesis con el propósito de evitar la polinización cruzada. La autofecundación es un proceso sencillo, pero se deben tomar algunas consideraciones al respecto. La



autofecundación se realiza en toda la panoja o en algunos glomérulos dependiendo del propósito y de la cantidad de semilla que se desea obtener a partir de plantas autofecundadas. Cuando se requiere obtener mayor cantidad de semilla, la autofecundación se realiza en toda la panoja o en la mayor parte de la ella, en caso de que la cantidad de semilla requerida no sea mayor, la autofecundación se realiza solo en pocos glomérulos (Mujica, Jacobsen, Izquierdo y Pierre, 2001).

Las líneas puras obtenidas por autofecundaciones sucesivas son útiles para la hibridación, puesto que los progenitores empleados en la cruce deben ser líneas puras o al menos altamente homocigóticas, lo cual permite la obtención de progenies heterocigóticas en F1, las mismas que a su vez facilitarán la recombinación de genes para generar mayor variabilidad en la F2. Por otra parte, las líneas provenientes de autofecundación son apropiadas para aplicar los métodos de selección recomendados para la quinua (Bonifacio *et al.*, 2000).

2.1.17. Distancia genética

La distancia genética es una medida de la diferencia del material genético entre distintas especies o individuos de la misma especie. Toda la vida actual está basada en la llamada molécula de la herencia, el ADN (Ácido Desoxirribonucleico). Las moléculas de ADN s con de doble hélice, similar a una escalera de espiral, cuyo costados están comprimidos por una alternación de desoxirribosa de cinco carbonos y una molécula de fosfato, mientras que los “escalones” de la escalera son purinas nitrogenadas y bases de pirimidina. Estas bases son la Adenina (A), la que siempre esta emparejada con Tiamina (T), y la Guanina (G), la cual se empareja con Citosina (C). Esto es la secuencia de las bases en la hélice, por ejemplo (ATTTGCCAAG) la que es copiada y traspasada a los descendientes durante la reproducción celular (Franco y Hidalgo, 2003).



2.1.18. Erosión genética

Se denomina erosión genética a la pérdida gradual de la diversidad genética. Generalmente es aceptado la cantidad significativa de erosión genética que ocurre, con la destrucción de ecosistemas y hábitats por las actividades humanas. Existe poca información sobre las cantidades precisas y extinción de la pérdida. Debido a las comodidades alimenticias actuales existe un dramático incremento de menor cantidad de número de cultivos uniformes altamente seleccionados y esto fue asociado a la reducción del número de cultivares y la reducción de áreas donde los cultivos tradicionales y nativos crecían (Ramanatha y Hodgkin, 2002).

2.1.19. Variación hereditaria

La diversidad genética representa la variación hereditaria dentro y entre las poblaciones de organismos y también entre las especies de plantas. Este conjunto de variaciones genéticas dentro de una población de apareamiento es la base para la selección así como para el mejoramiento de plantas. Por lo tanto, la conservación de esta diversidad genética de plantas es esencial para el bienestar humano del presente y futuro (Ramanatha y Hodgkin, 2002).

2.1.20. Marcadores moleculares

Los marcadores moleculares fueron definidos como cualquier diferencia controlada genéticamente. Se puede considerar que cualquier molécula, orgánica o inorgánica, que sea característica de un organismo o el proceso sea un marcador. Los marcadores moleculares idóneos son los de ADN, siendo válido cualquier fragmento que se encuentre muy cerca del gen o de la secuencia de interés y que lógicamente no afecte al carácter en estudio. Un marcador se refiere a cualquier molécula de proteína, ARN o ADN de tamaño o peso molecular conocido que sirve para monitorear. Los marcadores



del ADN se basan fundamentalmente en el análisis de las diferencias en pequeñas secuencias del ADN entre individuos. Las técnicas empleadas para ello son muy diversas y dan el nombre a los distintos tipos de marcadores, los cuales pueden ser de carácter dominante o codominante (Azofeifa, 2006).

2.1.21. Comportamiento agronómico

El comportamiento agronómico es el desarrollo o actuación de un cultivar o planta en una localización específica bajo condiciones climáticas controladas o naturales, el objetivo de evaluar el comportamiento agronómico es identificar y caracterizar cultivares para poder generar recomendación tomando en cuenta la adaptación a condiciones agronómicas según la región, estableciendo parámetros cualitativos o cuantitativos a evaluar (Gonzales y Jimenez, 2009).

El comportamiento agronómico es el desarrollo del cultivo, tiene como objeto ser evaluado, dependiendo del interés, se escogen parámetros referentes a producción o adaptación que puedan ser medidos y se obtengan resultados (Berlingeri, Alvarado, Silva-Acuña, Marín y La Cruz, 2007).

La evaluación agronomía es una actividad a través de la cual se valoran las características cuantitativas y cualitativas de las accesiones que conforman una colección de trabajo con el fin de aportar o participar en un programa de mejoramiento genético (Pardey, Garcia, y Vallejo, 2006).

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. Línea

Una línea pura es una población o grupo de organismos donde todos los individuos que se cruzan son homocigotos en el mismo carácter y por tanto solo darán descendencia homocigota en ese carácter (Hawkes, 1999).

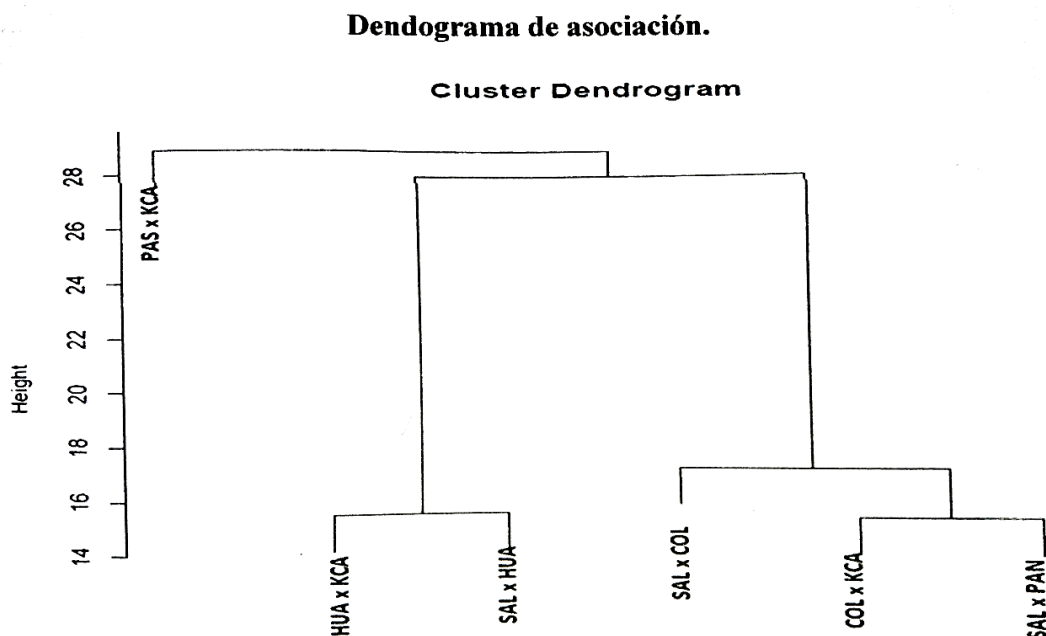
Una línea es una población dentro de una variedad, compuesta por un genotipo o conjunto de genotipos altamente emparentados (Huaranga, 2009).

2.2.2. Cruzas simples

Las cruzas simples son cruzamientos entre dos genotipos, generalmente dos líneas consanguíneas en la mejora genética de la planta (Barioglio, 2006).

2.3. ANTECEDENTES

Bustincio (2013) obtuvo progenies de cruzas simples en ocho variedades de quinua mediante la estimación de distancias genéticas asistidas por marcadores moleculares. El propósito fue obtener semillas de cruzas simples, tomando en cuenta la similitud genética. Dando a conocer las variedades distantes entre, Huariponcho (Hua) y Kcancolla; Salcedo INIA (Sal) y Huariponcho; Pasankalla (Pas) y Kcancolla (Kca) y las variedades cercanas entre Negra Collana (Col) y Kcancolla (Kca); Salcedo INIA (Sal) y Pandela Rosa (Pan); Salcedo INIA (Sal) y Negra Collana (Col).



Fuente: (Bustincio, 2013).

Figura 1. Distancias de los híbridos por sus características morfológicas.



Apaza (2014) en su trabajo de tesis sobre caracterización y variabilidad de progenies S3 autofecundadas, procedentes de cruzas simples genéticamente distantes y cercanas, en seis cultivares de quinua. El objetivo del trabajo de investigación fue determinar el nivel de variabilidad genética de progenies S3 autofecundadas, mediante la caracterización agromorfológica. Los resultados muestran que los caracteres longitud de la panoja, diámetro de la panoja y número de dientes de la hoja son las variables con mayor variación en cuanto que el peso hectolítrico, días hasta el inicio de la floración y número de días hasta grano lechoso presentaron menor variación. La correlación de las variables fue alta entre las características fenotípicas y el rendimiento del grano, en relación a la arquitectura de la quinua. Mediante el análisis multivariado se identificó la variabilidad genética entre las seis progenies, donde los más distantes fueron: Pasankalla x Kcancolla y Salcedo-INIA x Negra Collana con 0,690401, Salcedo-INIA x Huariponcho y Negra Collana x Kcancolla con 0,538099 y finalmente Pasankalla x Kcancolla y Salcedo-INIA x Pandela Rosada con 0,527767. Y los más cercanos fueron: Salcedo-INIA x Pandela Rosada y Salcedo-INIA x Huariponcho con 0,266395, Salcedo-INIA x Negra Collana y Salcedo-INIA x Pandela Rosada con 0,33666 y finalmente Negra Collana x Kcancolla y Huariponcho x Kcancolla con 0,390854. El autor indica que las variables con alto poder discriminante fueron el número de días para la formación del botón floral, color de epispermo, aspecto del pericarpio, número de días hasta el grano lechoso, número de días hasta 50% de floración, número de días a la forma de grano, daños provocados por aves y número de días de 50% de madurez fisiológica. Este resultado también fue corroborado por Mendoza (2014), que estudió la agromorfología de las progenies autofecundadas S4, procedentes de cruzas simples, genéticamente distantes y cercanas en quinua. Donde determinó mediante el análisis de conglomerados la variabilidad fenotípica entre progenies, siendo las más distantes: Pasankalla x



Kcancolla y Huariponcho x Kcancolla con 0,696409 y las más cercanas: Salcedo INIA x Negra Collana y Salcedo INIA x Huariponcho con 0,214359. A través de la proporción de varianza determinó el grado de discriminación de cada una de las variables. Los caracteres con alto poder discriminante fueron número de días al: 50% de madurez fisiológica, 50% de floración, inicio de floración, grano lechoso, formación de botón floral, grano pastoso y longitud de panoja.

Dominguez (2014) en su trabajo de investigación sobre caracterización agromorfológica de progenies autofecundadas s4, procedentes de cruzas simples, genéticamente distantes y cercanas en quinua. Con la finalidad de caracterizar agromorfológicamente progenies autofecundas S4, procedentes de cruzas simples, genéticamente distantes y cercanas, donde se evaluaron características agronómicas y morfológicas utilizando los descriptores de quinua, propuesto por Bioversity Internacional, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA (2013). Mediante el análisis de componentes principales mostró que los cinco primeros componentes explican el 75,33 % de la variación total, conformado por los componentes según sus características, se ha visto que Pasankalla x Kcancolla y Huariponcho x Kcancolla dista mas del resto de la progenies y a partir de la distancia de Gower mostró la existencia de tres grupos, en los cuales se distinguieron las progenies más distantes a Pasankalla x Kcancolla y Huariponcho x Kcancolla con 0,696409 y las progenies más cercanas a Salcedo–INIA x Negra Collana y Salcedo–INIA x Huariponcho con 0,214359. Agronómicamente se destaca la crusa distante Pasankalla x Kankolla porque presenta poca saponina, alto rendimiento en grano.

Choquechambi (2016) estudió la progenie S5 autofecundadas, procedentes de cruzas simples en seis cultivares de quinua. Genéticamente distantes y cercanas. El



propósito de la investigación fue caracterizar morfológicamente y agronómicamente las seis progenies autofecundadas S5, procedentes de cruzas simples genéticamente distantes y cercanas. Los resultados mostraron que los caracteres que tienen altas varianzas fueron: diámetro de la panoja (8.63%), longitud de peciolo (8.18%), ancho máximo de la hoja (7.99%), longitud máxima de la hoja (6.56%), rendimiento de semilla por planta (6.63%). Dentro de sus conclusiones dio a conocer que mediante el análisis clúster se observó que el progenitor femenino tiene mayor similitud asociada con las cruzas en sus caracteres Col x Kca, Hua x Kca, Sal x Col, Pas x Kca.



CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

3.1.1. Localización del proyecto

El trabajo de investigación se realizó en el Centro de Investigación y Producción (CIP) Illpa, de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno. Se encuentran en la siguiente ubicación:

a). Ubicación geográfica

País : Perú
Región : Puno
Provincia : Puno
Distrito : Paucarcolla

b). Coordenadas

Latitud sur : 15°42' 37''
Latitud oeste : 70° 04' 56''

3.1.2. Características del experimento

Número de parcelas por bloque (u) : 100
Número de bloques (u) : 6
Número de repeticiones (u) : 2



Longitud del surco (m)	: 5
Ancho del surco (m)	:0.6
Área neta por parcela (m ²)	:3
Área total (m ²)	:3600

3.1.3. Características del suelo

Las muestras de suelos fueron tomadas del Centro de Investigación y Producción Illpa mediante el método de muestreo en zigzag a una profundidad de 30 cm, fue cuarteado para que se obtenga una muestra representativa de 1kg y posteriormente fue analizados en el laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria la Molina – Lima (Anexo 13).

La parcela del Centro de Investigación y Producción – Illpa, tiene un suelo de textura Franco Arcilloso, con reacción ligeramente alcalino en pH, con menor cantidad de sales en el suelo según la relación con la conductividad eléctrica, con contenido de materia orgánica de manera normal, con nivele bajo de fosforo y excedente en potasio, la Capacidad de Intercambio Catiónico del suelo se encontró en rango permisible de los suelos franco arcillosos, debido que la arcilla tiene mayor capacidad de retención de nutrientes (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis físico químico del suelo de CIP - Illpa Puno, Perú, 2017

ANALISIS DE SUELOS	RESULTADOS
pH	7.79
C.E. (1:1) (dS/m)	0.24
CaCO₃ (%)	0.00
M.O. (%)	2.15
P (ppm)	22.6
K (ppm)	456
CIC (meq 100g⁻¹)	21.60
Ca⁺² (meq 100g⁻¹)	17.08
Mg⁺² (meq 100g⁻¹)	3.13
K⁺ (meq 100g⁻¹)	1.09
Na⁺ (meq 100g⁻¹)	0.30
Al⁺³ + H⁺ (meq 100g⁻¹)	0.00
Clase textural	Fr. Ar

Fuente: Universidad Nacional Agraria La Molina, 2017

3.1.4. Características ambientales

Los datos meteorológicos se obtuvieron del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de la estación ubicado en la ciudad de Juliaca de la región de Puno – Perú. Los datos que se solicitaron fueron la temperatura, precipitación y la humedad relativa durante el periodo de septiembre del 2017 a mayo del 2018 (Anexo 14).

Durante la campaña agrícola 2017 – 2018, la temperatura alcanzó valores mayores a 20°C durante el mes de noviembre y mínimas de 0.4°C durante el mes de octubre (Figura 1). La precipitación máxima se presentó durante los meses de diciembre y febrero con 150 y 157.1 mm/mes y la precipitación mínima se presentó durante el mes de noviembre con

37.6 mm/mes. La ausencia de lluvia durante los primeros meses afectó el desarrollo de las planta (Figura 2).

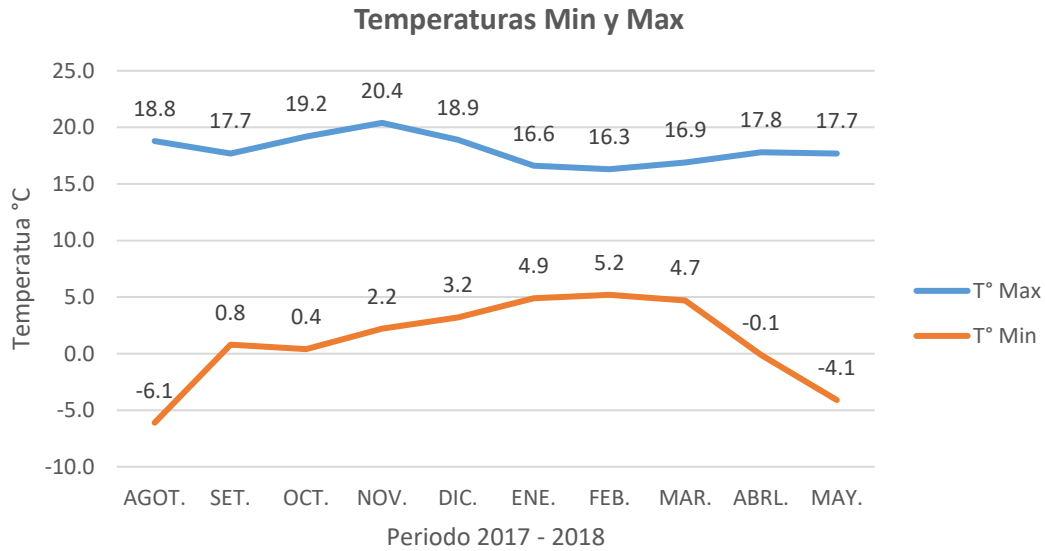


Figura 2. Temperaturas mínimas y máximas mensuales en el experimento en CIP Illpa Puno, Perú, periodo 2017 – 2018.

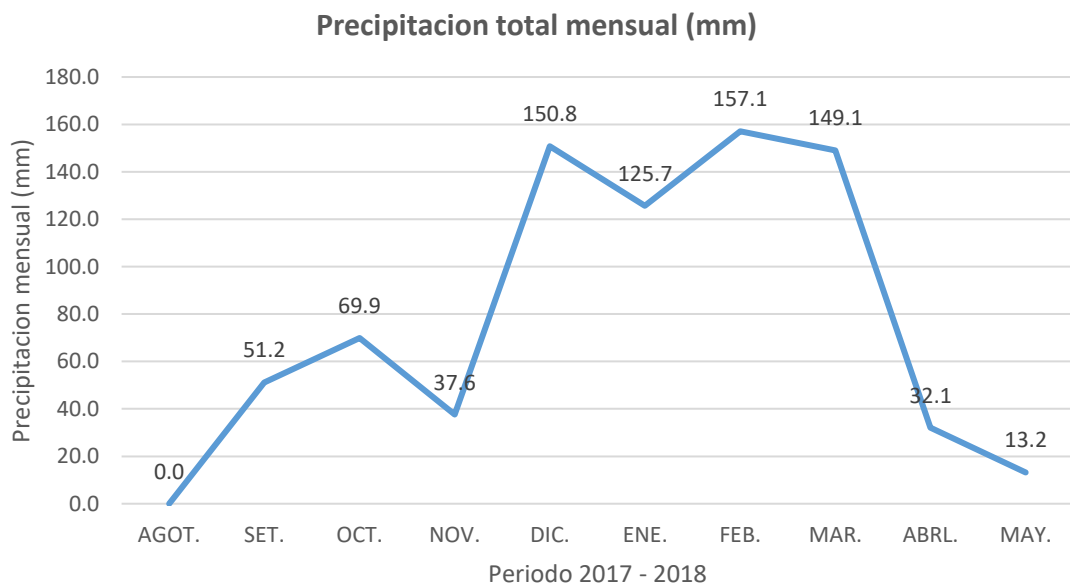


Figura 3. Precipitación total mensual en el experimento de CIP Illpa Puno, Perú, Periodo 2017 – 2018.



Los cambios de la precipitación y la cantidad de precipitación son las principales características del cambio climático en la infiltración, el almacenamiento y la liberación del agua hacia las plantas que generalmente resultan inundadas (Montesinos, 2017).

3.2. PROCEDENCIA DEL MATERIAL UTILIZADO

3.2.1. Material genético

Los genotipos F9 autofecundados fueron obtenidos en el Programa Mejoramiento Genético de Quinoa, mediante el método de hibridación y es producto de la selección de la generación F8. La semilla para la generación F9 fue seleccionada e instalada en el Centro de Investigación y Producción (CIP) Camacani, de la Universidad Nacional del Altiplano, Escuela Profesional de Ingeniera Agronómica Puno, Perú, a los 3826 msnm en el periodo 2016 – 2017.

Se utilizó seis cruzas simples de quinoa, de las cuales tres cruzas fueron genéticamente distantes: Huariponcho x Kcancolla (HUAxKCA), Salcedo INIA x Huariponcho (SALxHUA) y Pasankalla x Kcancolla (PASxKCA) y tres cruzas fueron genéticamente cercanas: Salcedo INIA x Pandela Rosada (SALxPAN), Negra Collana x Kcancolla (COLxKCA) y Salcedo INIA x Negra Collana (SALxCOL). Cada craza estuvo conformado por 90 líneas.

Se consideró en el experimento seis genitores (Var. Salcedo INIA, Var. Huariponcho, Var. Kcancolla, Var. Pandela Rosada, Var. Negra Collana y Var. Pasankalla) y cuarto testigos (Var. Ayrampo, Var. Choclito, Var. Blanca de Juli y Var. Chulpi), completando a 100 unidades experimentales por cada craza.

Tabla 2. Cruzas simples distantes y cercanas genéticamente, genitores y testigos de quinua en el experimento en el CIP – Illpa UNA Puno, Perú.

	CRUZAS SIMPLES	LÍNEAS (N°)	GENITORES	TESTIGOS
Distantes	Huariponcho Kcancolla (HUAxKCA)	x 90	Salcedo INIA (SAL)	Airampo
	Salcedo INIA Huariponcho (SALxHUA)	x 90	Huariponcho (HUA)	Choclito
	Pasankalla x Kcancolla (PASxKCA)	90	Kcancolla (KCA)	Blanca de Juli
Cercanas	Salcedo INIA Pandela Rosada (SALxPAN)	x 90	Pasankalla (PAS)	Chulpi
	Negra Collana Kcancolla (COLxKCA)	x 90	Negra Collana (COL)	
	Salcedo INIA x Negra Collana (SALxCOL)	90	Pandela Rosada (PAN)	

Tabla 3. Composición del experimento de las cruzas simples genéticamente distantes y cercanas de quinua en CIP Illpa Puno, Perú.

Composición del experimento	Unidad
Cruzas	6
Líneas (Cruza)	90
Genitores	6
Testigos	4
Repeticiones	2
Unidades experimentales	1200



3.3. PROCEDIMIENTO

3.3.1. Fase de campo

3.3.1.1. Preparación del terreno

La preparación del terreno se realizó en el mes de septiembre del año 2017, se inició con la roturación del suelo y el rastrado de disco de forma cruzada, con el objetivo de mullir el suelo para dejar en las condiciones óptimas para la siembra del cultivo de quinua, finalmente se procedió a realizar el surcado de acuerdo a las características del experimento, con distanciamiento entre surco de 0.6m (Anexo 1).

3.3.1.2. Siembra

La siembra del experimento se realizó el 19 de octubre del año 2017, para lo cual se preparó las semillas en sobres de manila debidamente identificados por cruza y por orden en la que se instaló el experimento de acuerdo al diseño experimental. Se prepararon 5g de semilla por surco (5m lineales), donde el sistema de siembra fue a chorro continuo a una profundidad de 2cm, el distanciamiento entre surcos fue de 0.60m y 5 m de largo (Anexo 2).

3.3.1.3. Fertilización

Las fuentes de fertilización utilizadas en el experimento fueron Urea (46%) y fosfato diamónico (46%), donde se proporcionó la cantidad de acuerdo a la fórmula 120 – 80 – 00 de N – P – K para proporcionar nutrientes requeridos por la planta según el análisis del suelo. El fosfato diamónico se aplicó en la fase de floración para un desarrollo adecuado de las panojas y en caso de la Urea se aplicó en la fase de ramificación.



3.3.1.4. Deshierbo

Durante la ejecución del experimento, el deshierbo se realizó en dos ocasiones; en las fases fenológicas de cuatro hojas verdaderas y ramificación, a los 28 y 50 días respectivamente después de la siembra, con la finalidad de reducir la competencia de nutrientes, luz y espacio, y asegurar el desarrollo de las plantas de quinua de manera adecuada. La especie *Brassica* sp. presentó mayor incidencia en el experimento de cruza simples distantes y cercanas genéticamente de quinua en Centro de Investigación y Producción Illpa Puno (Anexo 4 y 5).

Tabla 4. Población de plantas exóticas en el experimento de cruza simples de quinua en CIP Illpa UNA Puno, Perú

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN	PORCENTAJE (%)
<i>Brassica campestris</i>	Nabo silvestre	70
<i>Pennisetum clandestinum</i>	Kikuyo	15
<i>Capsela bursa pastoris</i>	Bolsa de pastor	5
<i>Bidens pilosa</i>	Amor seco	5
<i>Erodium cicutarium</i>	Aguja aguja	5

3.3.1.5. Desahíje

La actividad de desahíje se realizó con el objetivo de establecer el número de plantas/área, eliminar plantas débiles y pequeñas, para obtener homogeneidad de las plantas. Se tuvo como referencia 15 plantas por metro lineal. Esta labor se realizó en la fase fenológica de ramificación o cuando la planta alcanzo aproximadamente 30 cm de altura, de forma manual.



3.3.1.6. Rouging

Esta labor se realizó permanentemente debido al cambio de color de algunas plantas en distintas fases fenológicas con la finalidad de eliminar plantas con distintas características en cada unidad experimental (líneas), es decir, remoción de plantas atípicas no deseables.

3.3.1.7. Aporque

Esta actividad se realizó de forma manual utilizando picos, con la finalidad de sostener a la planta para evitar el tumbado, resistir los fuertes embates de vientos y facilitar mejor el mejor crecimiento y desarrollo de las plantas. Esta labor se realizó en la fase fenológica de panojamiento a los 80 días después de la siembra. Es recomendable realizar esta labor antes de la floración para que no exista polinización cruzada.

3.3.1.8. Control fitosanitario

3.3.1.8.1. Plagas

Se reportó la plaga *Epicauta* sp. en estado adulto, durante la fase fenológica de seis hojas verdaderas. En la fase de madurez fisiológica se observó la presencia de la plaga “k’ona k’ona” (*Eurisacca quinoa* Povolny) en estado larval, causando daño en el grano y afectando en el rendimiento de grano, para lo cual se tomó como acción la cosecha oportuna.

3.3.1.8.2. Enfermedades:

En la fase fenológica de floración se reportó la enfermedad de Mildiu (*Peronospora variabilis* Gaus), afectando la superficie foliar de las plantas, no fue necesario su control debido a la fisiología de la quinua (caída de hojas) y por baja severidad e incidencia.



3.3.1.9. Cosecha

Se realizó de forma manual, según la madurez fisiológica de cada tratamiento, empleando el método de resistencia a la presión de las uñas y observando la coloración de las plantas para dar inicio a la cosecha. Se efectuó el corte de las plantas con la ayuda de hoz, luego se expuso al sol para el secado hasta que el grano alcance aproximadamente 15% de humedad, y posteriormente fue trillado y venteado, finalmente fueron almacenados en sobres de manila respectivamente etiquetados, con los datos necesarios para su identificación. La cosecha se realizó oportunamente evitando la pérdida por factores bióticos y abióticos.

3.4. VARIABLES

3.3.2.1. Floración

Esta variable se evaluó a los “n” días transcurridos desde la siembra hasta el 50% de las plantas que iniciaron la floración en cada unidad experimental.

3.3.2.2. Altura de planta

Esta variable se evaluó cuando la planta se encontraba en la fase fenológica de madurez fisiológica, para lo cual se tomó 10 plantas al azar por unidad experimental, y la medida se realizó de la base del tallo hasta el ápice de la panoja central expresado en centímetros (cm) utilizando cinta métrica.

3.3.2.3. Longitud de panoja

Esta variable se evaluó en la fase fenológica de madurez fisiológica, la medida se realizó desde la base hasta el ápice de la panoja principal, se tomaron 10 plantas al azar



de cada unidad experimental, para lo cual se utilizó cinta métrica y fue expresada la medida en centímetros (cm).

3.3.2.4. Diámetro de panoja

Se registró esta variable en la fase fenológica de madurez fisiológica, donde se evaluó el diámetro máximo de la panoja principal en el tercio medio, tomando 10 plantas al azar en cada unidad experimental, para lo cual se utilizó la regla vernier y se expresó la medida en centímetros (cm).

3.3.2.5. Madurez fisiológica

Se registró el número de días transcurridos desde la siembra hasta el 50% de plantas que alcanzaron la madurez fisiológica de cada unidad experimental. Se calculó la madurez fisiológica cuando el grano ofreció la resistencia a la presión de las uñas y la coloración de las plantas.

3.3.2.6. Rendimiento/planta

Se realizó en la fase fenológica de madurez de cosecha, se tomaron al azar 10 plantas de cada unidad experimental. Se procedió al corte de las plantas, trillado y venteo, realizando de manera manual y se utilizó balanza analítica para determinar el peso de los granos obtenidos y fue expresado en gramos/planta (g.planta^{-1})

3.3.2.7. Rendimiento/hectárea

Se realizó en la fase fenológica de madurez de cosecha, cuando las panojas perdieron suficiente humedad, luego se procedió a trillar y finalmente se realizó el venteo para la separación de la broza y grano de quinua. Se utilizó balanza analítica para



determinar el peso del grano de la quinua en el gabinete y se expresó en kilogramos/hectárea ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$).

3.3.2.8. Vigor

Se evaluó en la fase fenológica de dos hojas verdaderas, observando las propiedades que determinan el nivel de actividad y capacidad de la semilla durante la emergencia de plántulas. Se evaluó en tres escalas:

- A. Alto
- B. Medio
- C. Bajo.

3.3.2.9. Color de grano

Se evaluó la variable color de grano en el gabinete usando la Guía de Descriptores de Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres de Biodiversity International.

3.3.2.10. Índice de cosecha

El índice de cosecha se determinó mediante la relación entre el peso de la semilla y el peso seco de toda la planta y se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$IC (\%) = \frac{\text{Peso de grano (kg/ha)}}{\text{Peso de biomasa (kg/ha)}} * 100$$

Donde:

IC = Índice de cosecha

Peso de biomasa = Peso de grano + Peso de broza



3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO

3.3.3.1. Diseño experimental

Se utilizó diseño Lattice simple 10 x 10 con dos repeticiones, conformado por 100 unidades experimentales por cada cruza. Para el análisis estadístico se utilizó el software R.

3.3.3.2. Análisis de varianza

Para el análisis de varianza (ANOVA) se planteó un modelo estadístico donde se analizó dentro de cada cruza simple (100 unidades experimentales) y entre cruza simples (HUAxKCA, SALxKCA, PASxKCA, PANxSAL, COLxKCA y SALxCOL). Posterior al análisis estadístico de datos se observó varianzas de las líneas F9 de las cruza simples distantes y cercanas genéticamente, genitores y testigos, para lo cual se realizó la prueba de Tukey ($p < 0.05$), las diferencias entre tratamientos fueron realizados por estimación de mínimos cuadrados mediante Tukey Kramer.

Tabla 5. Esquema de ANOVA de las líneas F9 de cada cruza simple distante y cercana genéticamente de quinua.

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD
REPETICIÓN	1
BLOQUE	18
TRATAMIENTO	99
ERROR	481
TOTAL	599
CV (%)	

CAPITULO VI

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LAS LÍNEAS F9 DE LAS CRUZAS SIMPLES DISTANTES Y CERCANAS GENÉTICAMENTE, GENITORES Y TESTIGOS.

Para la evaluación del comportamiento agronómico de las líneas F9 de las cruzas simples genéticamente distantes y cercanas se analizaron las siguientes variables: días de floración, altura de planta, longitud de panoja, diámetro de panoja, madurez fisiológica, rendimiento de grano/planta y rendimiento de grano/hectárea. Las variables mencionadas son de importancia para la selección de líneas promisorias en un programa de mejoramiento genético de quinua y se realizó la comparación entre líneas con mejor comportamiento agronómico, los genitores y testigos.

4.1.1. Días de floración

4.1.1.1. Huariponcho x Kcancolla

El análisis de varianza para la variable días de floración se muestra altamente significativo para tratamiento, repetición y bloques, donde la media general de la variable fue de 87 días, con coeficiente de varianza de 2.26% (Anexo 28). Se realizó la prueba de Tukey (5%) donde se determinó los rangos de significancia de los tratamientos, donde las líneas que tuvieron floración temprana fueron las siguientes; HUAxKCA15 con 82 días, HUAxKCA16 con 83 días, HUAxKCA18 con 84 días, HUAxKCA78 con 82 días y HUAxKCA89 con 83 días, mientras que las líneas tardías en floración son las siguientes; HUAxKCA113 con 92 días, HUAxKCA129 con 92 días, HUAxKCA73 con 92 días, HUAxKCA74 con 95 días y HUAxKCA90 con 93 días, siendo significativos las comparación entre líneas de floración temprana con las líneas de floración tardía. En

cambio, los genitores HUA y KCA obtuvieron resultados similares siendo de 87 días y 84 días respectivamente, siendo significativos con líneas tardías y no significativa con líneas tempranas. Los testigos obtuvieron resultados similares que las líneas tardías en floración con siguientes resultados; Blanca de Juli con 90 días, Choclito con 92 días, Chulpi con 84 días y finalmente la variedad Ayrampo con 88 días (Figura 4) (Tabla 6).

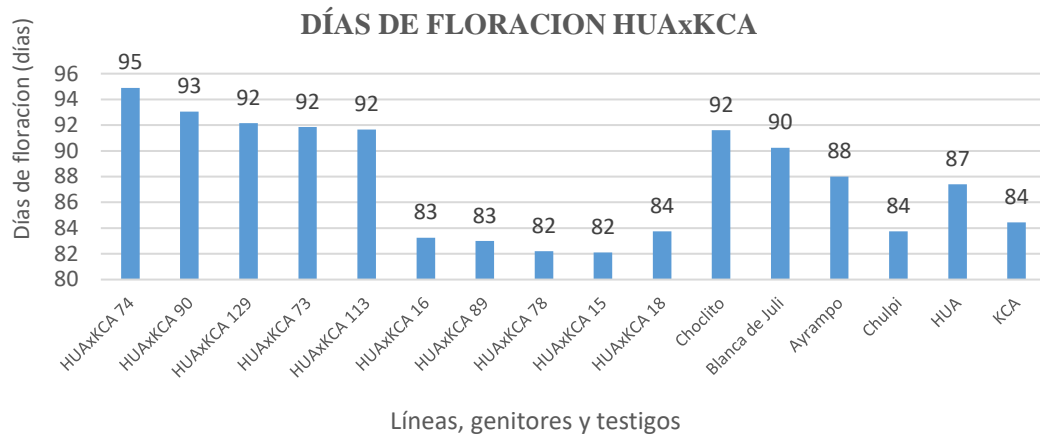


Figura 4. Comparación de días de floración entre líneas de la cruz HUAxKCA, genitores y testigos.

Tabla 6. Prueba de Tukey al 5% para días de floración (días) y las medias de las líneas F9 de la cruz HUAxKCA, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media				
HUAxKCA 74	95	A			
HUAxKCA 90	93	A			
HUAxKCA 129	92	A	B		
HUAxKCA 73	92	A	B		
HUAxKCA 113	92	A	B		
Choclito	92	A	B		
Blanca de Juli	90	A	B		
Ayrampo	88	A	B	C	
HUA	87		B	C	D
KCA	84			C	D
HUAxKCA 18	84			C	D
Chulpi	84			C	D
HUAxKCA 16	83			C	D
HUAxKCA 89	83			C	D



HUAxKCA 78	82	D
HUAxKCA 15	82	D

4.1.1.2. Salcedo INIA x Huariponcho

Mediante el cuadro de ANOVA se muestra altamente significativo para tratamiento, repetición y bloque, donde la media general de la variable fue de 92 días, con un coeficiente de varianza de 3.8% (Anexo 29). Se realizó para prueba de Tukey (5%) donde se determinó los rangos de significancia de los tratamientos, donde las medias de la variable de días de floración en la cruza SAL x HUA obtuvieron resultados variados, iniciando la floración en menor número de días las siguientes líneas; SALxHUA103 con 85 días, SALxHUA138 con 86 días, SALxHUA41 con 84 días y SALxHUA57 con 85 días, mientras que las cinco líneas tardías en floración fueron; SALxHUA171 con 102 días, SALxHUA30 con 99 días, SALxHUA49 con 99 días, SALxHUA66 con 99 días, SALxHUA79 con 99 días, siendo significativos estadísticamente las diferencias entre líneas con floración temprana y tardía. Los genitores SAL y HUA, obtuvieron 92 días y 89 días respectivamente, siendo los genitores no significativos en comparación con líneas de floración temprana y significativa en comparación con líneas de floración tardía. Asimismo los testigos obtuvieron los siguientes resultados; Blanca de Juli con 89 días, Choclito con 85 días, Chulpi con 86 días y Ayrampo con 88 días, siendo significativo en comparación con líneas de floración tardía y no significativo con líneas de floración temprana y genitores (Figura 5) (Tabla 7).

DÍAS DE FLORACIÓN SALxHUA

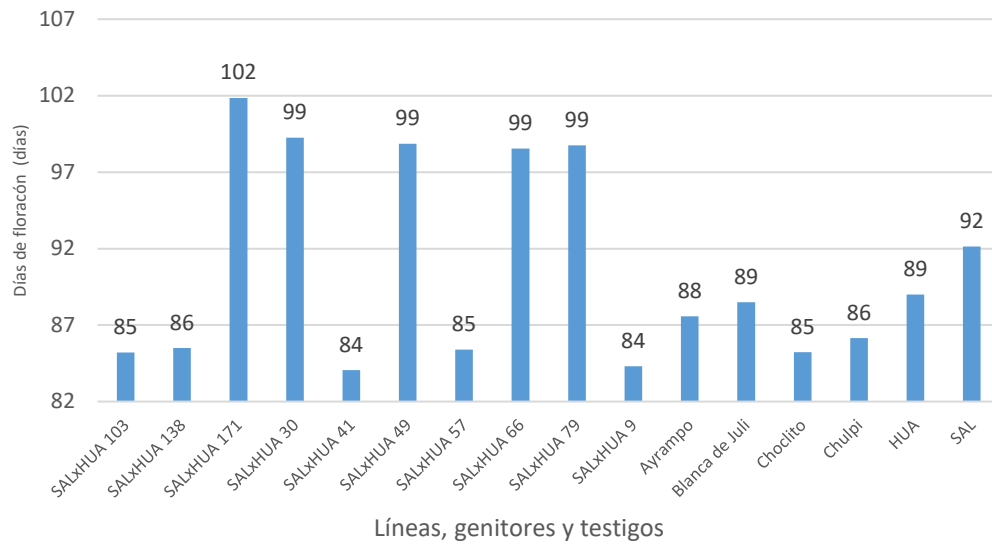


Figura 5. Comparación de días de floración entre líneas F9 de la cruz SALxHUA, genitores y testigos.

Tabla 7. Prueba de Tukey al 5% para días de floración (días) y las medias de las líneas F9 de la cruz SAL X HUA, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media				
SALxHUA 171	102	A			
SALxHUA 30	99	A	B		
SALxHUA 49	99	A	B		
SALxHUA 79	99	A	B		
SALxHUA 66	99	A	B	C	
SAL	92		B	C	D
HUA	89			C	D
Blanca de Juli	89				D
Ayrampo	88				D
Chulpi	86				D
SALxHUA 138	86				D
SALxHUA 57	85				D
Choclito	85				D
SALxHUA 103	85				D
SALxHUA 9	84				D
SALxHUA 41	84				D

4.1.1.3. Pasankalla x Kcancolla

El análisis estadístico para la variable días de floración de la cruz PASxKCA muestra altamente significativo para tratamiento, repetición y bloque, donde la media general de la variable fue de 95 días, con coeficiente de varianza de 4.42% (Anexo 30). Se realizó la prueba de Tukey (5%) mediante el cual se determinó los rangos de significancia de los tratamientos, donde se observó medias de floración temprana y tardía variando según la característica de cada línea de la cruz PAS x KCA, siendo las líneas de floración temprana; PASxKCA156 con 84 días, PASxKCA157 con 88 días, PASxKCA143 con 88 días, PASxKCA185 con 89 días y PASxKCA52 con 89 días y las líneas de floración tardía fueron; PASxKCA110 con 104 días, PASxKCA139 con 102 días, PASxKCA145 con 102 días, PASxKCA40 con 102 días y PASxKCA49 con 102 días, siendo significativo las diferencias entre las líneas de floración temprana y tardía. Los genitores PAS y KCA llegaron a la floración a los 91 días y 93 días respectivamente, siendo no significativo en comparación con líneas de floración tardía, asimismo los testigos tuvieron diferencias significativas en comparación con líneas tempranas y no significativa con los genitores, siendo los siguientes resultados; Blanca de Juli con 98 días, Choclito con 94 días, Chulpi con 100 días y Ayrampo con 101 días (Tabla 8).

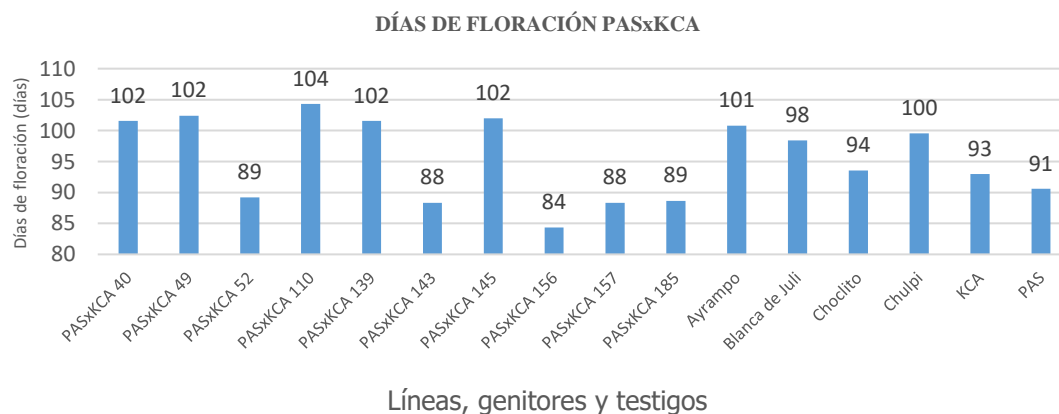


Figura 6. Comparación de días de floración entre líneas F9 de la cruz PAS x KCA, genitores y testigos.

Tabla 8. Prueba de Tukey al 5% para días de floración (días) y las medias de las líneas F9 de la cruza PASxKCA, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media					
PASxKCA 110	104	A				
PASxKCA 49	102	A				
PASxKCA 145	102	A	B			
PASxKCA 40	102	A	B			
PASxKCA 139	102	A	B			
Ayrampo	101	A	B			
Chulpi	100	A	B	C		
Blanca de Juli	98	A	B	C	D	
Choclito	94	A	B	C	D	E
KCA	93	A	B	C	D	E
PAS	91		B	C	D	E
PASxKCA 52	89			C	D	E
PASxKCA 185	89			C	D	E
PASxKCA 143	88				D	E
PASxKCA 157	88				D	E
PASxKCA 156	84					E

4.1.1.4. Salcedo INIA x Pandela Rosada

El análisis de varianza para la variable días de floración muestra altamente significativo para tratamiento, repetición y bloque, donde la media general de la variable fue de 91 días, con coeficiente de varianza de 4.37% (Anexo 31). Se realizó la prueba de Tukey (5%) donde se determinó los rangos de significancia de los tratamientos, donde las líneas de la cruza SAL x PAN obtuvieron resultado variados siendo de floración temprana las líneas SALxPAN176 con 82 días, SALxPAN104 con 78 días, SALxPAN102 con 84

días, SALxPAN130 con 82 días y SALxPAN133 con 83 días y las líneas con floración tardía fueron las siguientes líneas; SALxPAN134 con 98 días, SALxPAN39 con 99 días, SALxPAN59 con 98 días, SALxPAN69 con 100 días y SALxPAN73 con 99 días, siendo significativo las diferencias entre líneas de floración temprana y tardía, mientras que los genitores SAL y PAN tuvieron floración a los 91 días, siendo significativo en comparación con líneas de floración temprana. Mientras que los testigos obtuvieron resultados variados, siendo de floración temprana Ayrampo con 83.59 días, seguido de Choclito con 91 días y las variedades tardías en floración fueron Blanca de Juli con 95 días y Chulpi con 99 días (Figura 7) (Tabla 9).

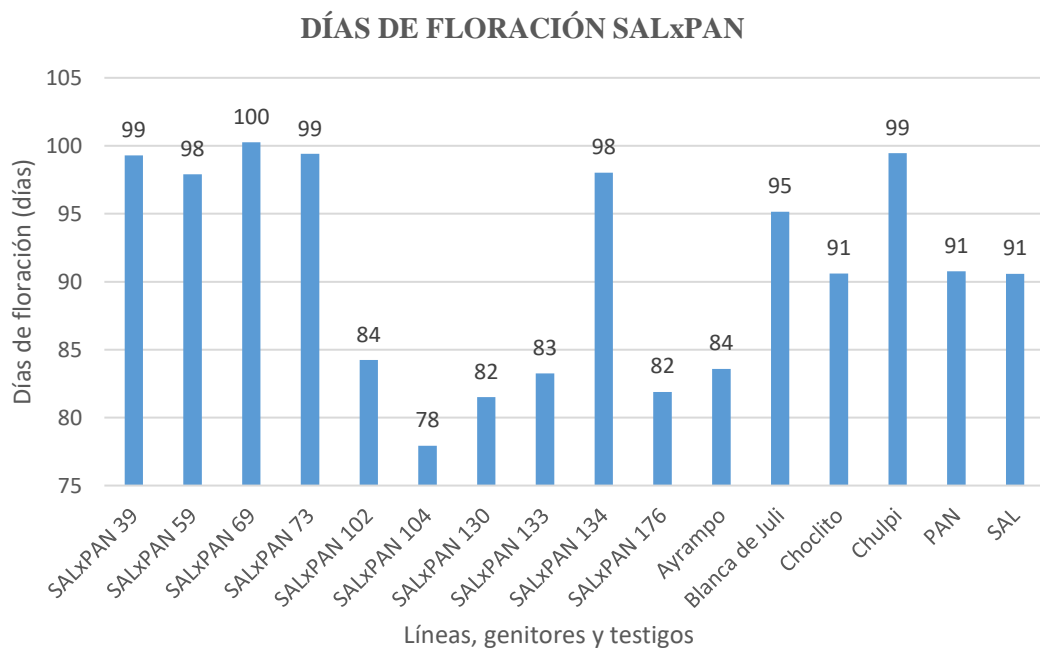


Figura 7. Comparación de días de floración entre líneas F9 de la cruz SAL x PAN, genitores y testigos.

Tabla 9. Prueba de Tukey al 5% para días de floración (días) y las medias de las líneas F9 de la cruz a SAL X PAN, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media				
SALxPAN 69	100	A			
Chulpi	99	A			
SALxPAN 73	99	A			
SALxPAN 39	99	A			
SALxPAN 134	98	A			
SALxPAN 59	98	A			
Blanca de Juli	95	A	B		
PAN	91	A	B	C	
Choclito	91	A	B	C	
SAL	91	A	B	C	
SALxPAN 102	84		B	C	D
Ayrampo	84			C	D
SALxPAN 133	83			C	D
SALxPAN 176	82			C	D
SALxPAN 130	82			C	D
SALxPAN 104	78				D

4.1.1.5. Negra Collana x Kcancolla

El análisis de varianza muestra significancia alta para tratamiento, repetición y bloque, donde la media general de la cruz a COLxKCA fue de 89 días, con coeficiente de varianza de 4.1% (Anexo 32). Mediante la prueba de Tukey (%) se determinó los rangos de significancia, donde las líneas de la cruz a COL x KCA, tuvieron características genéticamente distintas, algunas con floración temprana y otras tardías. Las líneas que resultaron con floración temprana fueron las siguientes; COLxKCA171 con 80 días, COLxKCA14 con 81 días, COLxKCA194 con 82 días, COLxKCA30 con 84 días y COLxKCA139 con 84 días, mientras que las líneas tardías fueron; COLxKCA148 con 98

días, COLxKCA153 con 94 días, COLxKCA188 con 95 días, COLxKCA19 con 96 días y COLxKCA61 con 94 días, siendo significativo la diferencia entre las líneas tempranas y tardías tal como se muestra en la tabla de significancia. Con la finalidad de conocer el vigor híbrido de las líneas, se evaluó los genitores de la cruce COL y KCA, llegando a una floración mayor a 50% a los 87 y 89 días respectivamente, siendo los resultados significativos en comparación con las líneas de floración tardía, mientras que los testigos obtuvieron los siguientes resultados; Ayrampo con 93 días, Blanca de Juli con 88 días, Choclito con 82 días y Chulpi con 95 días de floración (Tabla 10) (Figura 8).

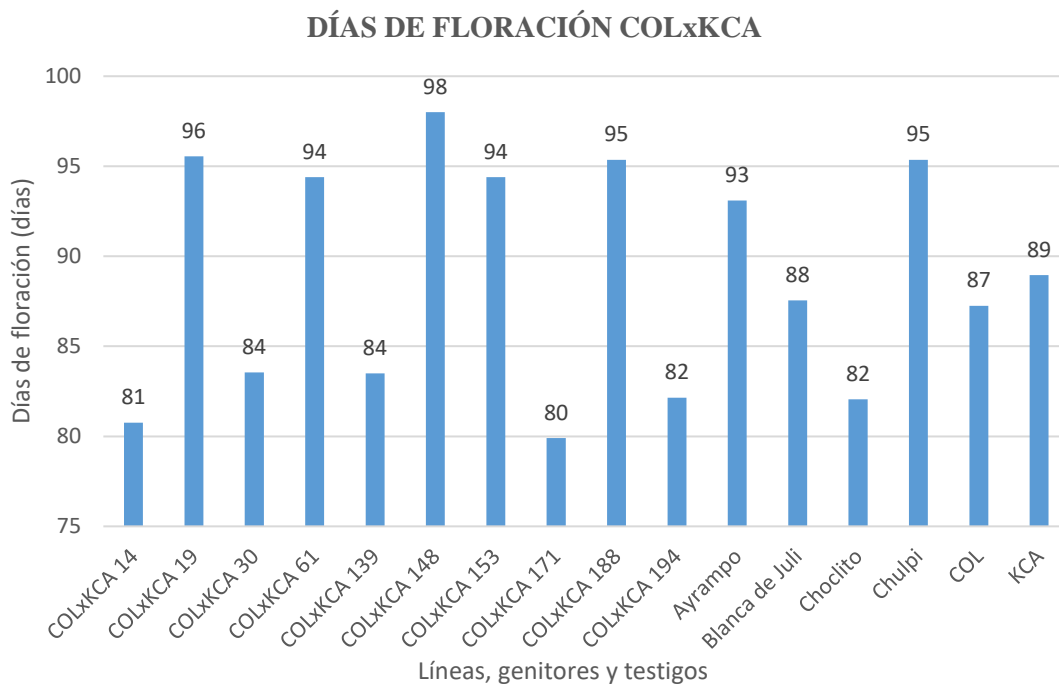


Figura 8. Comparación de días de floración entre líneas F9 de la cruce COL x KCA, genitores y testigos.

Tabla 10. Prueba de Tukey al 5% para días de floración (días) y las medias de las líneas F9 de la cruz COL x PAN, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media				
COLxKCA 148	98	A			
COLxKCA 19	96	A			
COLxKCA 188	95	A			
Chulpi	95	A	B		
COLxKCA 61	94	A	B		
COLxKCA 153	94	A	B		
Ayrampo	93	A	B	C	
KCA	89	A	B	C	D
Blanca de Juli	88		B	C	D E
COL	87		B	C	D E
COLxKCA 30	84			C	D E
COLxKCA 139	84			C	D E
COLxKCA 194	82				D E
Choclito	82				E
COLxKCA 14	81				E
COLxKCA 171	80				E

4.1.1.6. Salcedo INIA x Negra Collana

El análisis de varianza para la variable días de floración muestra altamente significativo para tratamiento, repetición y bloque, donde la media general de la variable fue de 87 días, con coeficiente de varianza de 3.48% (Anexo 33). Se realizó la prueba de Tukey (5%) donde se determinó los rangos de significancia, donde las líneas que alcanzaron floración en menor número de días fueron las siguientes; SALxCOL57 con 82 días, SALxCOL53 con 82 días, SALxCOL93 con 82 días, SALxCOL35 con 83 días y SALxCOL97 con 83 días, mientras que las líneas de floración tardía fueron las

siguientes; SALxCOL141 con 97 días, SALxCOL11 con 94 días, SALxCOL27 con 94 días, SALxCOL79 con 94 días y SALxCOL86 con 94 días, siendo significativo la diferencia en medias de las líneas tardías y tempranas. En cambio el progenitor SAL llegó a la fase de floración a los 87 días, siendo no significativo en comparación con las líneas tempranas, mientras que el progenitor COL llegó a la floración a los 94 días, siendo significativo en comparación con las líneas tempranas de la mencionada cruce. Las variedades (testigos) resultaron tardías a excepción de Ayrampo que llegó a floración a los 86 días y las demás variedades Blanca de Juli, Choclito y Chulpi llegaron a la fase de floración a los 92, 94 y 95 días respectivamente (Figura 9) (Tabla 11).

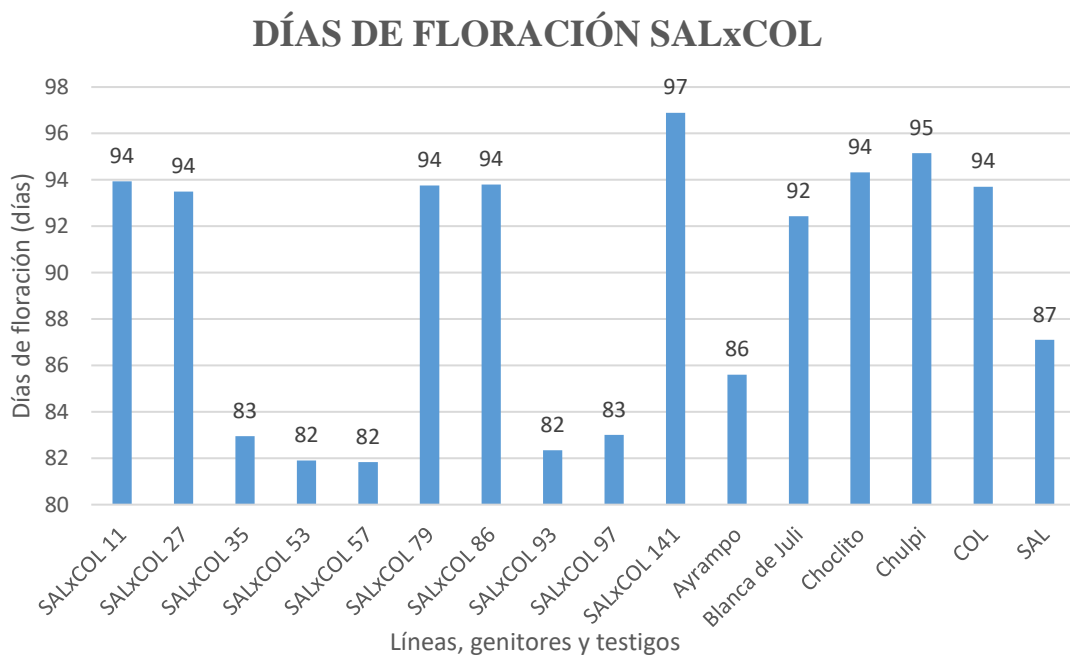


Figura 9. Comparación de días de floración entre líneas F9 de la cruce SAL x COL, genitores y testigos.

Tabla 11. Prueba de Tukey al 5% para días de floración (días) y las medias de las líneas F9 de la craza SAL x COL, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media				
SALxCOL 141	97	A			
Chulpi	95	A	B		
Choclito	94	A	B		
SALxCOL 11	94	A	B		
SALxCOL 86	94	A	B	C	
SALxCOL 79	94	A	B	C	
COL	94	A	B	C	
SALxCOL 27	94	A	B	C	
Blanca de Juli	92	A	B	C	
SAL	87		B	C	D
Ayrampo	86			C	D
SALxCOL 97	83				D
SALxCOL 35	83				D
SALxCOL 93	82				D
SALxCOL 53	82				D
SALxCOL 57	82				D

Rojas (2003) menciona en su investigación que los rangos de días de floración al 50% en quinua son de 60 a 145 días, donde el promedio es de 93.50 días y también señala que la floración es fuertemente dependiente del genotipo.

Mujica *et al.* (2013) señalan que uno de los objetivos de mejoramiento genético en quinua deber ser precisamente mejorar la arquitectura de planta con una alta eficiencia productiva y precoz.

Mujica *et al.*, (2013) menciona que el efecto ambiental es determinante en la producción de quinua, debido que en la fase fenológica de floración, es muy sensible a las heladas pudiendo tolerar hasta los -2°C y cuando se presentan altas temperaturas superiores a los 38°C se produce el aborto de las flores sobre todo ocurre en los



invernaderos o en zonas desérticas calurosas. Además Maliro y Njala (2019) indican que la presencia de las temperaturas superiores a los 25°C induce al aborto de las flores reduciendo el rendimiento de grano de quinua. En la presente investigación se tuvo presencia de temperaturas máximas mensuales de 22°C y temperaturas mínimas mensuales de -0.1°C, este último afecto en el llenado de grano en la fase fenológica de madurez fisiológica a genotipos tardíos obteniendo granos de mala calidad y afectando en el rendimiento de grano. En el altiplano los factores relacionados con el cambio climático son las sequías, las heladas, el granizo y el viento, que afectan negativamente la producción de cultivos en diferentes etapas de su desarrollo, por lo cual el componente varietal requiere ajustes para la adaptación al cambio climático para la producción de quinua (Bonifacio, 2019).

En su investigación Blanco (2009), menciona que la disminución de días para llegar a la floración se debe a las condiciones medioambientales del lugar y el carácter genético de las líneas mejoradas y de variedades comerciales. En similares condiciones medio ambientales y trabajando con el mismo material genético Flores (2017) reportó los días de floración de seis cruces simples de quinua; Negra Collana x Kcancolla con 83.55 días, Huariponcho con Kcancolla con 83.53 días, Salcedo INIA x Negra Collana con 85.59 días, Salcedo INIA x Huariponcho con 90.49 días, Salcedo INIA x Pandela Rosada con 91.01 días y Pasankalla x Kcancolla 95.45 días, siendo los resultados obtenidos similares que en la presente investigación.

4.1.2. Altura de planta

4.1.2.1. Huariponcho x Kcancolla

El análisis de varianza de la variable altura de planta muestra altamente significativo para las repeticiones, bloques y tratamientos, donde promedio general

obtenido de la variable en la cruce HUA X KCA fue de 106.27cm de altura de planta, con coeficiente de varianza de 7.02% (Anexo 52). Se realizó la prueba de Tukey (5%) donde se determinó los rangos de significancia de medias entre tratamientos, donde las líneas con mayor altura fueron HUAxKCA174 con 127.72cm, HUAxKCA54 con 125.67cm, HUAxKCA172 con 122.3cm, HUAxKCA96 con 121.52cm, HUAxKCA37 con 120.44cm, HUAxKCA89 con 119.55cm, HUAxKCA126 con 119.45cm, HUAxKCA44 con 118.88cm, HUAxKCA46 con 118.59 y HUAxKCA19 con 118.50cm, mientras que los progenitores obtuvieron los resultados inferiores que las líneas seleccionadas; HUA con 112.62cm, KCA con 115.62cm, SAL con 114.37, PAS con 103.71cm, PAN con 118.86cm y COL con 113.68cm de altura de planta. En caso de los testigos resultaron inferiores que las líneas siendo Blanca de Juli con 111.51cm, Choclito con 97.34cm, Chulpi con 115.17cm, Ayrampo con 105.81cm, siendo los resultados no significativos en comparación entre las líneas, genitores y los testigos (Figura 10) (Tabla 12).

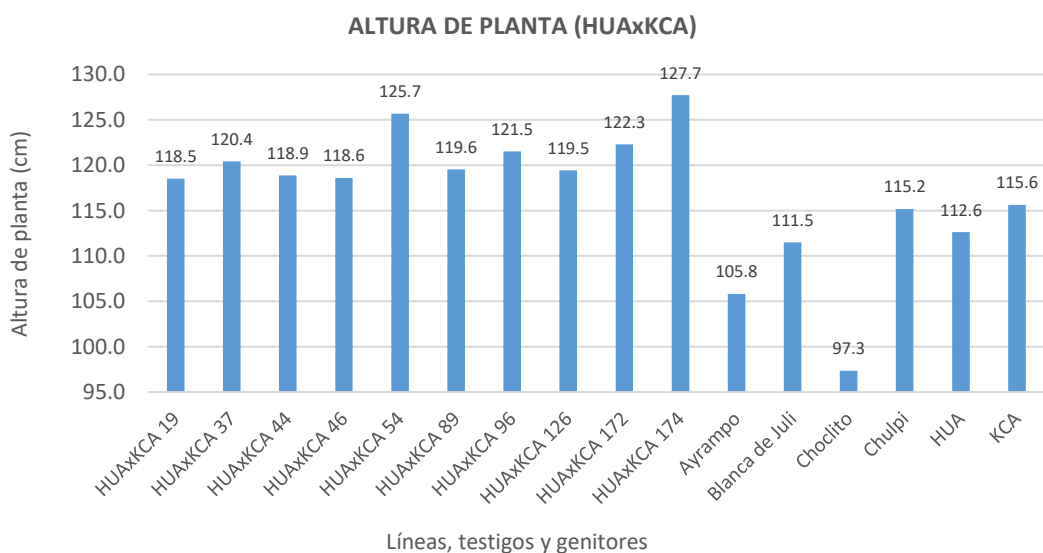


Figura 10. Comparación de altura de planta entre líneas F9 de la cruce HUA X KCA, genitores y testigos.

Tabla 12. Prueba de Tukey al 5% para altura de planta (cm) y las medias de las líneas F9 de la craza HUAxKCA, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media			
HUAxKCA 174	127.72	A		
HUAxKCA 54	125.67	A		
HUAxKCA 172	122.30	A	B	
HUAxKCA 96	121.52	A	B	
HUAxKCA 37	120.44	A	B	
HUAxKCA 89	119.55	A	B	
HUAxKCA 126	119.45	A	B	
HUAxKCA 44	118.88	A	B	
HUAxKCA 46	118.59	A	B	
HUAxKCA 19	118.50	A	B	
KCA	115.62	A	B	C
Chulpi	115.17	A	B	C
HUA	112.62	A	B	C
Blanca de Juli	111.51	A	B	C
Ayrampo	105.81		B	C
Choclito	97.34			C

4.1.2.2. Salcedo INIA x Huariponcho

El análisis de varianza de la variable altura de planta de la craza SALxHUA muestra altamente significativo para tratamiento, repetición y bloque, donde el promedio general fue de 110.24cm, con coeficiente de varianza de 10.37% (Anexo 53). Se realizó la prueba de Tukey (5%) donde se determinó los rangos de significancia entre tratamientos, donde las líneas con mayor altura de planta fueron las siguientes; SALxHUA103 con 125.29cm, SALxHUA19 con 124.75cm, SALxHUA51 con 126.58cm, SALxHUA71 con 131.63cm y SALxHUA85 con 129.95cm, SALxHUA116 con 123.64cm, SALxHUA147 con 122.10cm, SALxHUA152 con 121.99cm, SALxHUA126 con 121.86cm y SALxHUA66 con 121.47cm en cambio los genitores obtuvieron los siguientes resultados; SAL con 125.12cm y HUA con 95.53cm de altura

de planta. En caso de los testigos, se obtuvo los siguientes resultados; Blanca de Juli con 112.02cm, Choclito con 110.77cm, Chulpi con 117.42cm, Ayrampo con 117.95cm de altura de planta siendo inferior en comparación con las líneas pero no significativo estadísticamente según la prueba realizado (Figura 11) (Tabla 30).

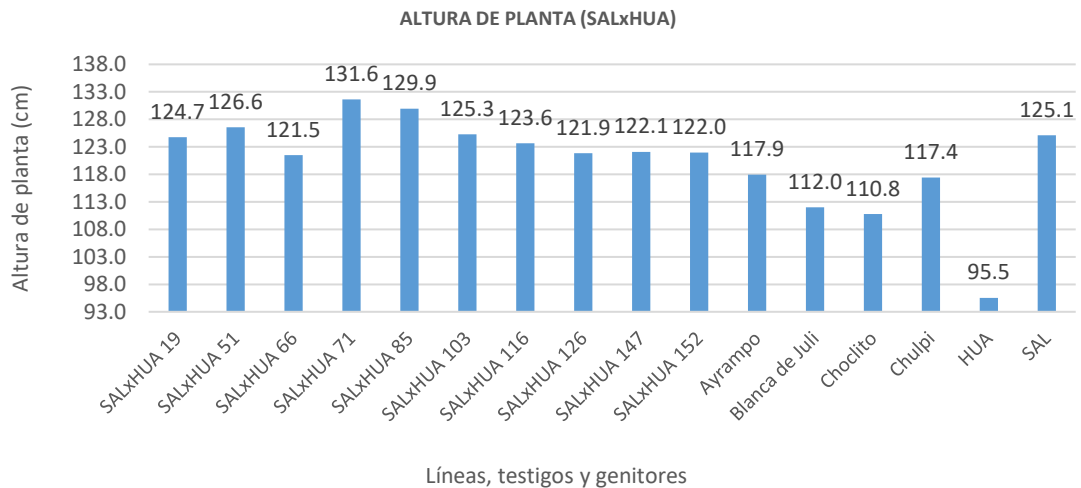


Figura 11. Comparación de altura de planta entre líneas de la cruz SAL x HUA, genitores y testigos.

Tabla 13. Prueba de Tukey al 5% para altura de planta (cm) y las medias de las líneas F9 de la cruz SALxHUA, genitores y testigos.

TRATAMIENTO	MEDIA		
SALxHUA 71	131.63	A	
SALxHUA 85	129.95	A	
SALxHUA 51	126.58	A	
SALxHUA 103	125.29	A	B
SAL	125.12	A	B
SALxHUA 19	124.75	A	B
SALxHUA 116	123.64	A	B
SALxHUA 147	122.10	A	B
SALxHUA 152	121.99	A	B
SALxHUA 126	121.86	A	B
SALxHUA 66	121.47	A	B
Ayrampo	117.95	A	B
Chulpi	117.42	A	B
Blanca de Juli	112.02	A	B
Choclito	110.77	A	B
HUA	95.53		B

4.1.2.3. Pasankalla x Kcancolla

El análisis de varianza para la variable altura de planta en la cruza PASxKCA muestra altamente significativo para tratamiento, repetición y bloque, donde el promedio general obtenido de altura de planta en la cruza PASxKCA fue de 113.21cm, con coeficiente de varianza de 14.93% (Anexo 54). Se realizó la prueba de Tukey (5%) donde se determinó el rango de significancia de las medias de los tratamientos, donde las líneas que alcanzaron mayor altura fueron las siguientes PASxKCA1 con 169.8cm, seguido de PASxKCA91 con PASxKCA154.15cm, PASxKCA39 con 140.27, PASxKCA3 con 138.68cm, PASxKCA156 con 135.05cm, 126 con 134.75, 77 con 133.81cm, 79 con 131.92cm y 109 con 129.82cm mientras los genitores obtuvieron los siguientes resultados; PAS con 112.35cm y KCA con 117.46cm, siendo el promedio inferior en comparación con las líneas seleccionadas. Los testigos obtuvieron resultados inferiores que las líneas seleccionadas obteniendo los siguientes resultados; Blanca de Juli con 108.41cm, Choclito con 95.67cm, Chulpi con 132.42cm y Ayrampo con 131.63cm de altura de planta (Figura 12) (Tabla 14).

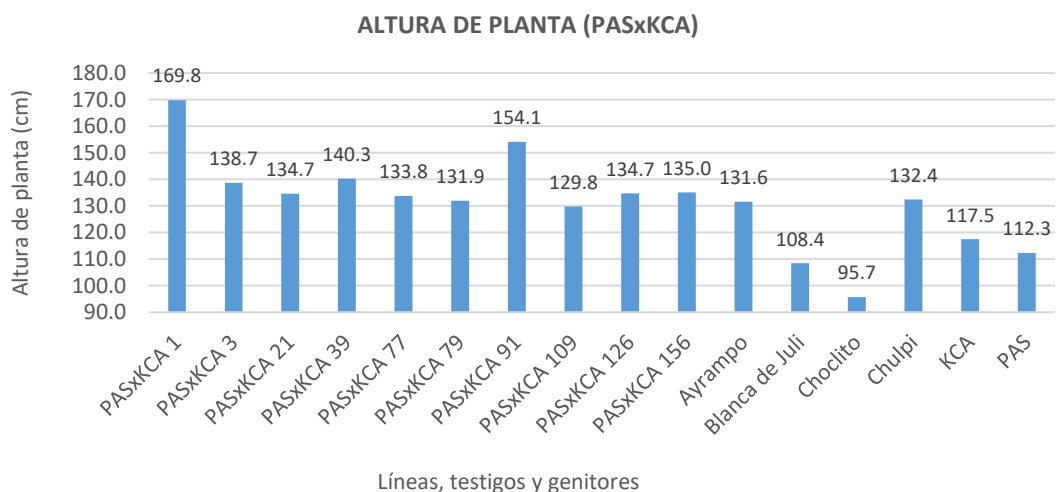


Figura 12. Comparación de altura de planta entre líneas F9 de la cruza PAS x KCA, genitores y testigos.

Tabla 14. Prueba de Tukey al 5% para altura de planta (cm) y las medias de las líneas F9 de la cruzada PAS x KCA, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media				
PASxKCA 1	169.80	A			
PASxKCA 91	154.15	A	B		
PASxKCA 39	140.27	A	B	C	
PASxKCA 3	138.68	A	B	C	D
PASxKCA 156	135.05	A	B	C	D
PASxKCA 126	134.75	A	B	C	D
PASxKCA 21	134.66	A	B	C	D
PASxKCA 77	133.81	A	B	C	D
Chulpi	132.42	A	B	C	D
PASxKCA 79	131.92	A	B	C	D
Ayrampo	131.63	A	B	C	D
PASxKCA 109	129.82	A	B	C	D
KCA	117.46		B	C	D
PAS	112.35		B	C	D
Blanca de Juli	108.41			C	D
Choclito	95.67				D

4.1.2.4. Salcedo INIA x Pandela Rosada

El análisis de varianza para la variable altura de planta de la cruzada SALxPAN muestra altamente significativo para tratamiento, repetición y bloque, donde el promedio general de altura de planta obtenido en la cruzada SAL x PAN fue de 116.04cm, con coeficiente de varianza de 11.34% (Anexo 55). Se realizó la prueba de Tukey (5%) donde se determinó los rangos de significancia de los tratamientos, donde las líneas que mayor altura alcanzaron fueron las siguientes; SALxPAN169 con 116.07cm, SALxPAN181 con 112.79, SALxPAN26 con 116.41, SALxPAN37 con 117.56cm, SALxPAN9 con 113.9cm, SALxPAN93 con 112.72cm, SALxPAN57 con 111.39cm, SALxPAN115 con 111.37cm, SALxPAN175 con 110.85cm y SALxPAN36 con 110.68cm, obteniendo resultados inferiores que los genitores con los siguientes resultados; SAL con 117.96cm y PAN con 141.48cm, de manera similar fue el resultado de los testigos siendo algunos superior a las líneas seleccionadas; Ayrampo con 125.2cm, Chulpi con 122.45cm,

Choclito con 106.46 y Blanca de Juli con 94.86cm de altura de planta (Figura 13) (Tabla 15).

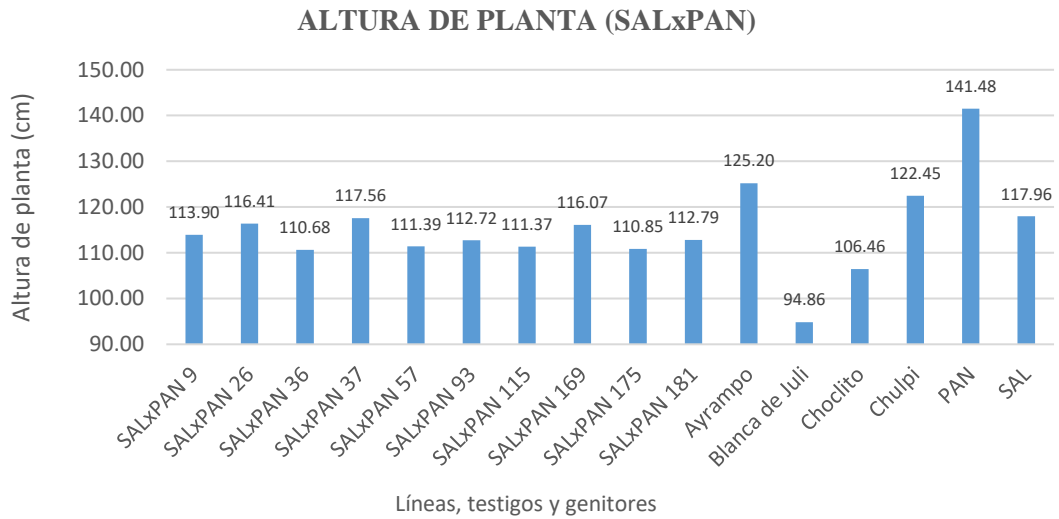


Figura 13. Comparación de altura de planta entre líneas F9 de la cruza SAL x PAN, genitores y testigos.

Tabla 15. Prueba de Tukey al 5% para altura de planta (cm) y las medias de las líneas F9 de la cruza SAL x PAN, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media				
PAN	141.48	A			
Ayrampo	125.20	A	B		
Chulpi	122.45	A	B	C	
SAL	117.96		B	C	
SALxPAN 37	117.56		B	C	
SALxPAN 26	116.41		B	C	D
SALxPAN 169	116.07		B	C	D
SALxPAN 9	113.90		B	C	D
SALxPAN 181	112.79		B	C	D
SALxPAN 93	112.72		B	C	D
SALxPAN 57	111.39		B	C	D
SALxPAN 115	111.37		B	C	D
SALxPAN 175	110.85		B	C	D
SALxPAN 36	110.68		B	C	D
Choclito	106.46			C	D
Blanca de Juli	94.86				D

4.1.2.5. Negra Collana x Kcancolla

El análisis de varianza para la variable altura de planta muestra altamente significativo para tratamiento y bloque y significativo para repetición, donde el promedio general de altura de planta en la cruza COL x KCA fue de 102.83 cm, con coeficiente de varianza de 14.09% (Anexo 56). Se realizó la prueba de Tukey (5%) mediante el cual se determinó los rangos de significancia entre tratamientos, donde las líneas alcanzaron los siguientes alturas de planta; COLxKCA123 con 126.4cm, COLxKCA124 con 127.02cm, COLxKCA142 con 121.61cm, COLxKCA169 con 121.83cm, COLxKCA80 con 126.25cm, COLxKCA9 con 121.30cm, COLxKCA30 con 120.03cm, COLxKCA59 con 119.95cm, COLxKCA43 con 118.73cm y COLxKCA195 con 117.65cm, en caso de los genitores obtuvieron resultados similares que las líneas seleccionadas HUA con 88.09cm y SAL con 122.65cm. Los testigos obtuvieron resultados inferiores que las líneas siendo los siguientes resultados; Blanca de Juli con 109.2cm, Choclito con 116.6cm, Chulpi con 87.2cm y Ayrampo con 84.78cm (Figura 14) (Tabla 16).

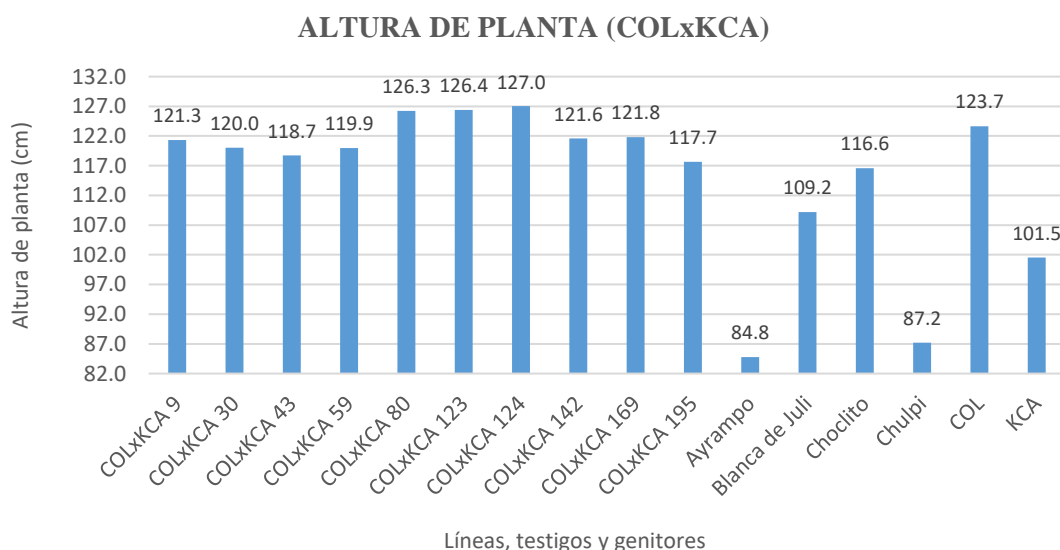


Figura 14. Comparación de altura de planta entre líneas F9 de la cruza COLxKCA, genitores y testigos.

Tabla 16. Prueba de Tukey al 5% para altura de planta (cm) y las medias de las líneas de la craza COL x KCA, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media			
COLxKCA 124	127.02	A		
COLxKCA 123	126.40	A		
COLxKCA 80	126.25	A	B	
COL	123.66	A	B	C
COLxKCA 169	121.83	A	B	C
COLxKCA 142	121.61	A	B	C
COLxKCA 9	121.30	A	B	C
COLxKCA 30	120.03	A	B	C
COLxKCA 59	119.95	A	B	C
COLxKCA 43	118.73	A	B	C
COLxKCA 195	117.65	A	B	C
Choclito	116.60	A	B	C
Blanca de Juli	109.20	A	B	C
KCA	101.53	A	B	C
Chulpi	87.20		B	C
Ayrampo	84.78			C

4.1.2.6. Salcedo INIA x Negra Collana

El análisis de varianza para la variable altura de planta muestra altamente significativo para tratamiento, repetición y bloque, donde el promedio general de altura de planta en la craza SAL x COL fue de 103cm, con un coeficiente de varianza de 7.96% (Anexo 57). Se realizó la prueba de Tukey (5%) mediante el cual se determinó los rangos de significancia entre tratamientos, donde las líneas que alcanzaron mayor altura fueron las siguientes; SALxCOL169 con 117.56cm, SALxCOL181 con 112.79cm, SALxCOL26 con 116.41cm, SALxCOL37 con 113.9cm, SALxCOL9 con 116.07cm, SALxCOL93 con 112.72cm, SALxCOL57 con 111.39cm, SALxCOL115 con 111.37, SALxCOL175 con 110.85cm y SALxCOL36 con 110.68cm en cambio los genitores obtuvieron los siguientes resultados; HUA con 124.13cm y PAS con 117.97cm de altura, siendo los genitores superior en promedio en comparación con las líneas. Los testigos obtuvieron

resultados superiores en comparación con las líneas representativas de la cruz, siendo los resultados los siguientes; Blanca de Juli con 94.86cm, Choclito con 102.28cm, Chulpi con 122.45 y Ayrampo con 125.2cm de altura de planta (Figura 15) (Tabla 17).

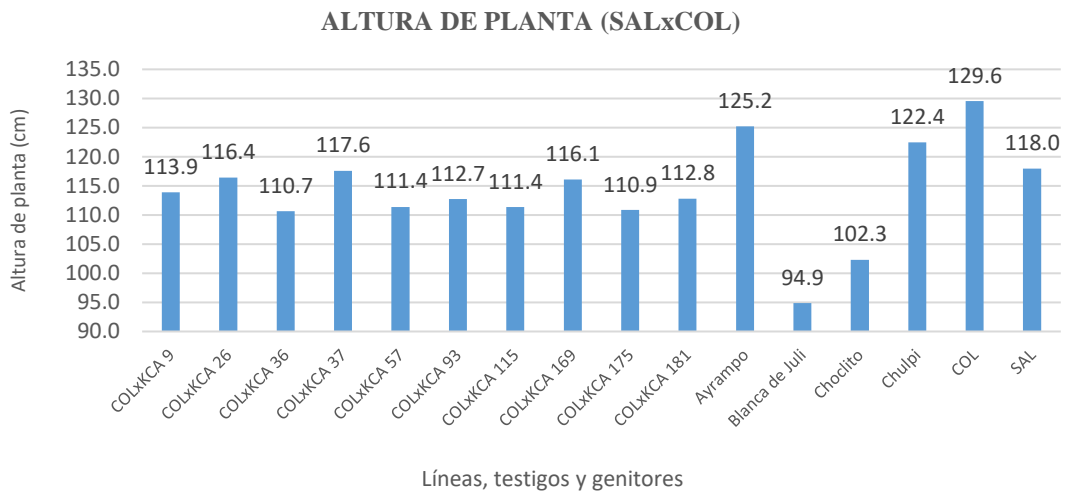


Figura 15. Comparación de altura de planta entre líneas F9 de la cruz SAL x COL, genitores y testigos.

Tabla 17. Prueba de Tukey al 5% para altura de planta (cm) y las medias de las líneas F9 de la cruz SAL x COL, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media				
COL	129.57	A			
Ayrampo	125.20	A	B		
Chulpi	122.45	A	B		
SAL	117.96	A	B	C	
SALxCOL 37	117.56	A	B	C	
SALxCOL 26	116.41		B	C	
SALxCOL 169	116.07		B	C	
SALxCOL 9	113.90		B	C	D
SALxCOL 181	112.79		B	C	D
SALxCOL 93	112.72		B	C	D
SALxCOL 57	111.39		B	C	D
SALxCOL 115	111.37		B	C	D
SALxCOL 175	110.85		B	C	D
SALxCOL 36	110.68		B	C	D
Choclito	102.28			C	D
Blanca de Juli	94.86				D



Delgado *et al.* (2009) en su trabajo de investigación de evaluación de genotipos de quinua en Colombia, indica que la relación de las variables longitud de panoja con altura de planta es positiva, lo cual indica que el aumento en altura de planta contribuye al incremento de longitud de panoja.

Gabriel *et al.* (2012) investigaron con cultivares de quinua de valle, donde evaluaron plantas con alturas de 145cm en promedio, con un rango de variación de 119cm a 171cm e indica que las diferencias se atribuyen a las características genéticas propias de cada línea. Además, Spehar y Rocha (2009) señalan en su investigación que la altura de planta muestra reducción con el incremento de densidad.

En su investigación Maliro y Njala (2019) mencionan que la altura de planta de los genotipos de quinua en la fase fenológica de madurez fisiológica fue altamente significativo para localidades y no significativo entre genotipos, por lo cual indica que los factores ambientales tuvieron influencia significativa en el crecimiento de las plantas de quinua y se reflejó en la variación de las alturas de plantas, en su investigación trabajando con la variedad Pasankalla obtuvo una altura que varió según localidad en un rango de 36 a 72cm, mientras que en la presente investigación alcanzó altura de planta de 112cm debido. Además Apaza (2014) en su investigación con progenies de las seis cruza simples en Arequipa – Perú, a los 2350msnm, indica que existe una correlación positiva de madurez fisiológica con altura de planta ($r = 0.88$), mientras que la correlación con la variable diámetro de tallo fue ($r = 0.58$), indicando que las plantas tienden a un mayor desarrollo cuando la duración del ciclo fenológico es más tardío.



4.1.3. Longitud de panoja

4.1.3.1. Huariponcho x Kcancolla

El análisis de varianza para variable longitud de panoja muestra altamente significativo para bloque y tratamiento y no significativo para repetición, donde el promedio general de la variable fue de 37.38 cm, con un coeficiente de varianza de 12.06% (Anexo 40). Se realizó la prueba de Tukey (5%) donde se determinó los rangos de significancia para los tratamientos, donde las líneas con mayor longitud de panoja fueron HUAxKCA103 con 45.56 cm, HUAxKCA126 con HUAxKCA46.53 cm, HUAxKCA172 con 46.44 cm, HUAxKCA174 con 45.87 cm y HUAxKCA96 con 47.27 cm, HUAxKCA37 con 44.59 cm, HUAxKCA19 con 43.91 cm, HUAxKCA129 con 43.60, HUAxKCA131 con 43.60 y HUAxKCA54 con 43.34, siendo no significativo en comparación con los genitores HUA con 41.63 cm y KCA con 36.49 cm, mientras que los testigos alcanzaron los siguientes longitudes de panoja; Blanca de Juli con 35.38 cm, Chulpi con 28.53 cm, Ayrampo con 29.68 cm y Choclito con 36.74 cm, siendo la diferencia significativa en comparación con las líneas mencionadas y no significativas en comparación con los genitores (Figura 16) (Tabla 18).

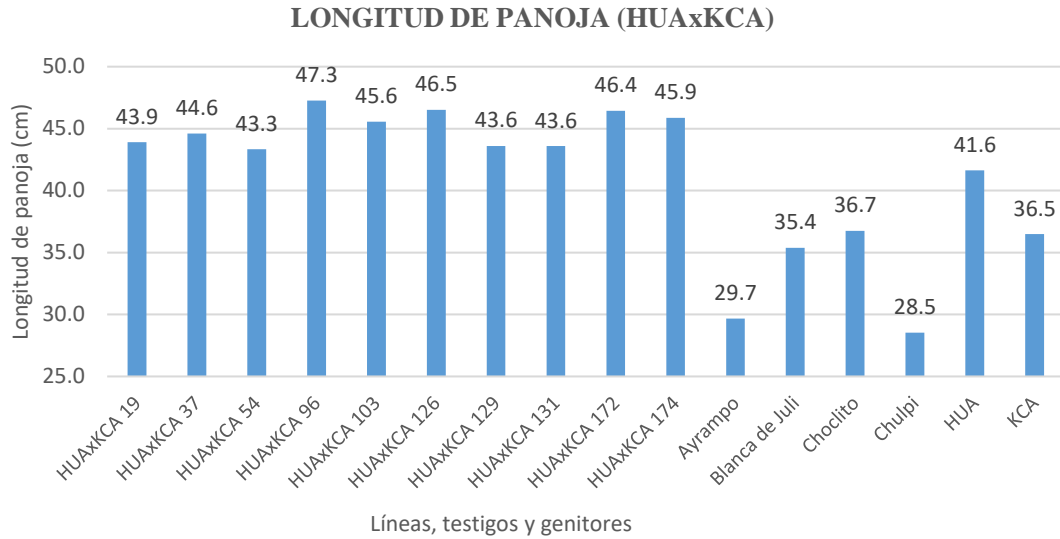


Figura 16. Comparación de longitud de panoja entre líneas F9 de la cruce HUAxKCA, genitores y testigos.

Tabla 18. Prueba de Tukey al 5% para longitud de panoja (cm) y las medias de las líneas F9 de la cruce HUAxKCA, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media				
HUAxKCA 96	47.27	A			
HUAxKCA 126	46.53	A	B		
HUAxKCA 172	46.44	A	B		
HUAxKCA 174	45.87	A	B		
HUAxKCA 103	45.56	A	B		
HUAxKCA 37	44.59	A	B		
HUAxKCA 19	43.91	A	B		
HUAxKCA 129	43.60	A	B		
HUAxKCA 131	43.60	A	B		
HUAxKCA 54	43.34	A	B		
HUA	41.63	A	B	C	
Choclito	36.74	A	B	C	D
KCA	36.49	A	B	C	D
Blanca de Juli	35.38		B	C	D
Ayrampo	29.68			C	D
Chulpi	28.53				D

4.1.3.2. Salcedo INIA x Huariponcho

El análisis de varianza de la variable longitud de panoja muestra altamente significativo para tratamiento y bloque y no significativo para repetición, donde el promedio general obtenido de la cruza SAL x HUA fue de 38.89 cm de longitud de panoja, con coeficiente de varianza de 17.34% (Anexo 41). Mediante la prueba de Tukey (5%) se determinó el rango de significancia para tratamientos, donde las líneas de mayor longitud de panoja fueron las siguientes; SALxHUA116 con 51.39cm, SALxHUA147 con 51.59cm, SALxHUA51 con 47.45cm, SALxHUA55 con 46.26cm y SALxHUA60 con 45.9cm, SALxHUA175 con 45.41cm, SALxHUA19 con 45.21cm, SALxHUA41 con 44.88cm, SALxHUA71 con 44.75cm y SALxHUA118 con 44.75cm, SALxHUA175 con 45.41cm, SALxHUA19 con 45.21cm, SALxHUA41 con 44.88cm, SALxHUA71 con 44.75 cm y SALxHUA118 con 44.75cm, mientras que los genitores obtuvieron SAL con 40.25cm y HUA con 36.24cm, siendo no significativos en comparación entre líneas y genitores. En caso de los testigos se obtuvo los siguientes resultados; Blanca de Juli con 44.28cm, Choclito con 42.45cm, Chulpi con 37.84 y Ayrampo con 34.62cm. siendo no significativo en comparación con testigos y líneas (Figura 17) (Tabla 19).

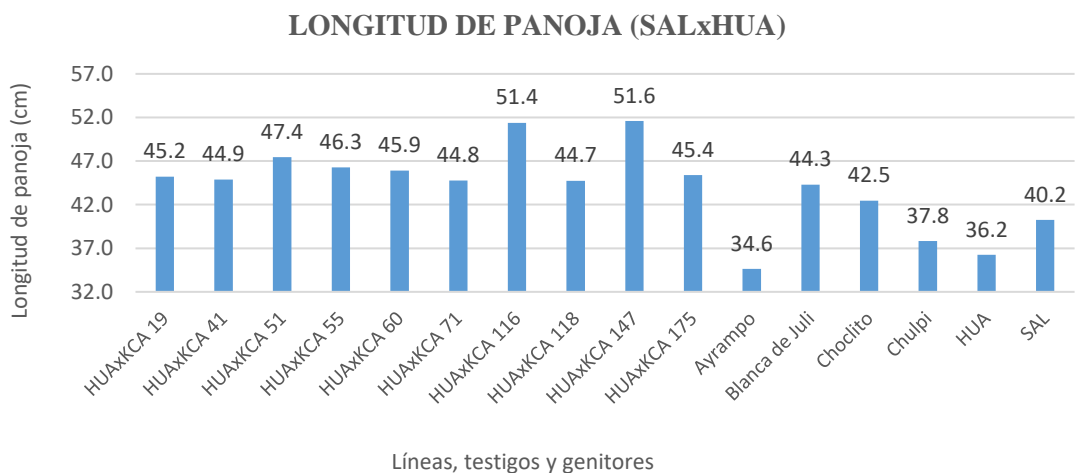


Figura 17. Comparación de longitud de panoja entre líneas F9 de la cruza SAL x HUA, genitores y testigos.

Tabla 19. Prueba de Tukey al 5% para longitud de panoja (cm) y las medias de las líneas F9 de la craza SAL X HUA, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media	
SALxHUA 147	51.59	A
SALxHUA 116	51.39	A
SALxHUA 51	47.45	A
SALxHUA 55	46.26	A
SALxHUA 60	45.90	A
SALxHUA 175	45.41	A
SALxHUA 19	45.21	A
SALxHUA 41	44.88	A
SALxHUA 71	44.75	A
SALxHUA 118	44.75	A
Blanca de Juli	44.28	A
Choclito	42.45	A
SAL	40.25	A
Chulpi	37.84	A
HUA	36.24	A
Ayrampo	34.62	A

4.1.3.3. Pasankalla x Kcancolla

El análisis de varianza para la variable longitud de panoja muestra altamente significativo para tratamientos, bloques y repetición, donde el promedio general obtenido en la craza PAS x KCA fue de 31.48cm, con un coeficiente de varianza de 23.8% (Anexo 42). Se realizó la prueba de Tukey (5%), donde se determinó el rango de significancias para las medias de los tratamientos, donde las líneas con mayor longitud de panoja fueron las siguientes; PASxKCA39 con 43.36cm, PASxKCA3 con 42.65cm, PASxKCA79 con 42.49cm, PASxKCA21 con 41.91cm, PASxKCA156 con 41.76cm, PASxKCA74 con 41.03cm, PASxKCA91 con 40.55cm, PASxKCA115 con 40.52cm, PASxKCA126 con 40.14cm, PASxKCA117 con 39.40cm, superando a los genitores PAS con 29.75cm, KCA con 34.94cm. Los testigos obtuvieron resultados inferiores que las líneas, siendo la variedad con mayor longitud de panoja Ayrampo con 37.73cm, seguido de Choclito con

35.65, Blanca de Juli con 34.64cm y Chulpi con 34.18cm. Según el rango de significancia los genitores, testigos y líneas resultaron no significativos estadísticamente (Figura 18).

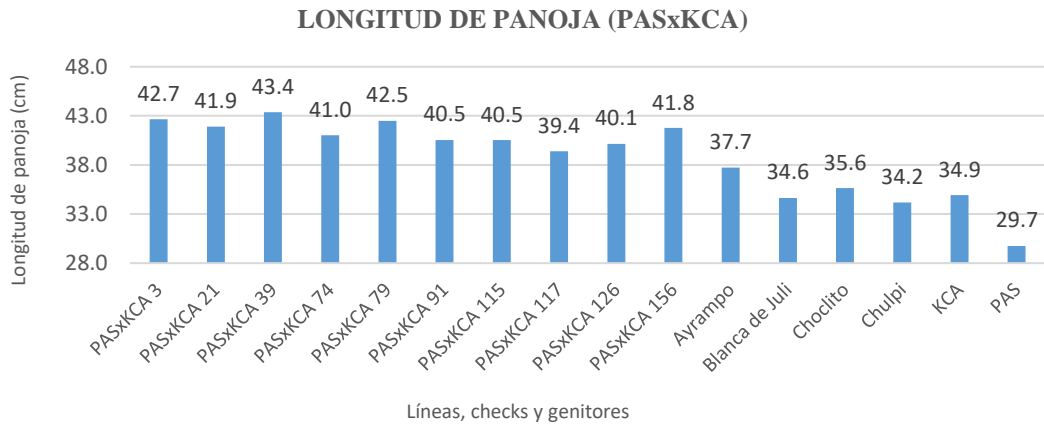


Figura 18. Comparación de longitud de panoja entre líneas F9 de la cruce PAS X KCA, genitores y testigos.

Tabla 20. Prueba de Tukey al 5% para longitud de panoja (cm) y las medias de las líneas F9 de la cruce PAS x KCA, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media	
PASxKCA 39	43.36	A
PASxKCA 3	42.65	A
PASxKCA 79	42.49	A
PASxKCA 21	41.91	A
PASxKCA 156	41.76	A
PASxKCA 74	41.03	A
PASxKCA 91	40.55	A
PASxKCA 115	40.52	A
PASxKCA 126	40.14	A
PASxKCA 117	39.40	A
Ayrampo	37.73	A
Choclito	35.65	A
KCA	34.94	A
Blanca de Juli	34.64	A
Chulpi	34.18	A
PAS	29.75	A

4.1.3.4. Salcedo INIA x Pandela Rosada

El análisis de varianza de la variable longitud de panoja muestra altamente significativo para tratamiento, bloque y repetición, donde el promedio general obtenido para la cruza SAL x HUA fue de 32.23cm de longitud de panoja, con un coeficiente de varianza de 18.36% (Anexo 43). Mediante la prueba de Tukey (5%) se determinó la significancia entre los tratamientos, donde las líneas con mayor longitud de panoja fueron los siguientes; SALxHUA175 con 44.26cm, SALxHUA3 con 43.54cm, SALxHUA58 con 42.49cm, SALxHUA108 con 41.33cm y SALxHUA60 con 39.21cm, SALxHUA168 con 39.65cm, SALxHUA169 con 38.39cm, SALxHUA104 con 38.33cm, SALxHUA196 con 38.16cm y SALxHUA72 con 38.10cm, mientras que los genitores obtuvieron los siguientes resultados; SAL con 29.02cm y PAN con 26.89cm, siendo inferior que las líneas, asimismo los resultados de los testigos fueron inferiores que las líneas, obteniendo los siguientes resultados; Blanca de Juli con 32.72cm, Choclitito con 38.16cm, Chulpi con 23.26cm y Ayrampo con 35.87cm, siendo no significativos entre líneas, genitores y testigos a excepción de Chulpi que fue significativo (Tabla 21).

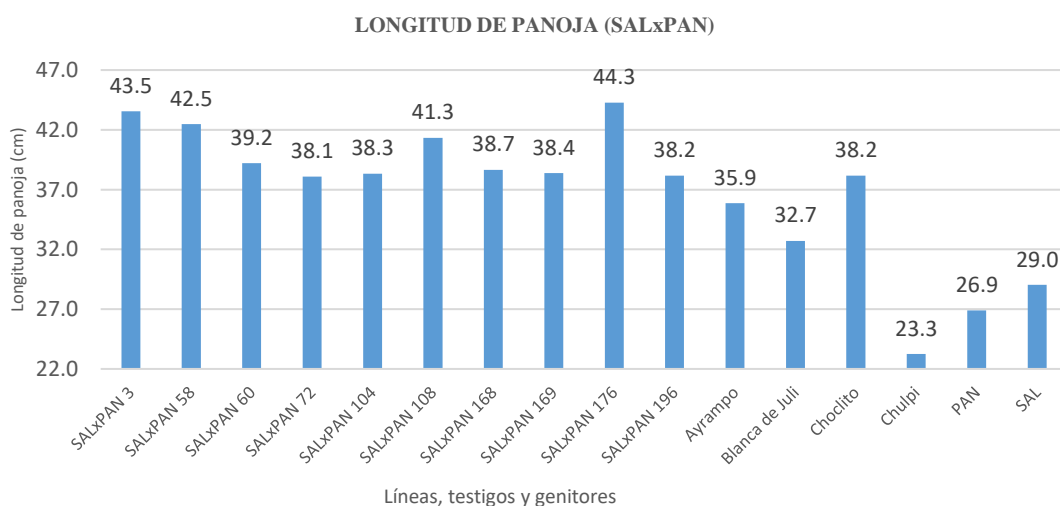


Figura 19. Comparación de longitud de panoja entre líneas de la cruza SALxPAN, genitores y testigos.

Tabla 21. Prueba de Tukey al 5% para longitud de panoja y las medias de las líneas F9 de la cruza SALxPAN, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media			
SALxPAN 176	44.26	A		
SALxPAN 3	43.54	A		
SALxPAN 58	42.49	A	B	
SALxPAN 108	41.33	A	B	
SALxPAN 60	39.21	A	B	
SALxPAN 168	38.65	A	B	C
SALxPAN 169	38.39	A	B	C
SALxPAN 104	38.33	A	B	C
SALxPAN 196	38.16	A	B	C
Choclito	38.16	A	B	C
SALxPAN 72	38.10	A	B	C
Ayrampo	35.87	A	B	C
Blanca de Juli	32.72	A	B	C
SAL	29.02	A	B	C
PAN	26.89		B	C
Chulpi	23.26			C

4.1.3.5. Negra Collana x Kcancolla

El análisis de varianza para la variable longitud de panoja muestra altamente significativo para tratamiento, bloque y repetición, donde el promedio general obtenido en la cruza COL x KCA fue de 33.5 cm de longitud de panoja, con un coeficiente de varianza de 19.7% (Anexo 44). Se realizó la prueba de Tukey (5%), donde se determinó el rango de significancia para los tratamientos, donde las líneas con mayor longitud de panoja fueron; COLxKCA119 con 41.76cm, COLxKCA123 con 45.92cm,

COLxKCA142 con 41.64cm, COLxKCA169 con 40.93cm y COLxKCA40 con 41.12cm, COLxKCA124 con 40.88cm, COLxKCA59 con 40.34cm, COLxKCA80 con 40.18cm, COLxKCA29 con 39.64cm y COLxKCA8 con 39.13cm, mediante la comparación con los genitores fue no significativo estadísticamente, obteniendo los siguientes resultados COL obtuvo 42.53cm y KCA con 29.92cm. Mientras que los testigos, fueron inferiores a las líneas promisorias, obteniendo los siguientes resultados; Blanca de Juli con 35.56cm, Chulpi con 21.92cm, Ayrampo con 22.65cm y Choclito con 46.29cm, a excepción del último que fue superior que las líneas seleccionadas (Figura 20) (Tabla 22).

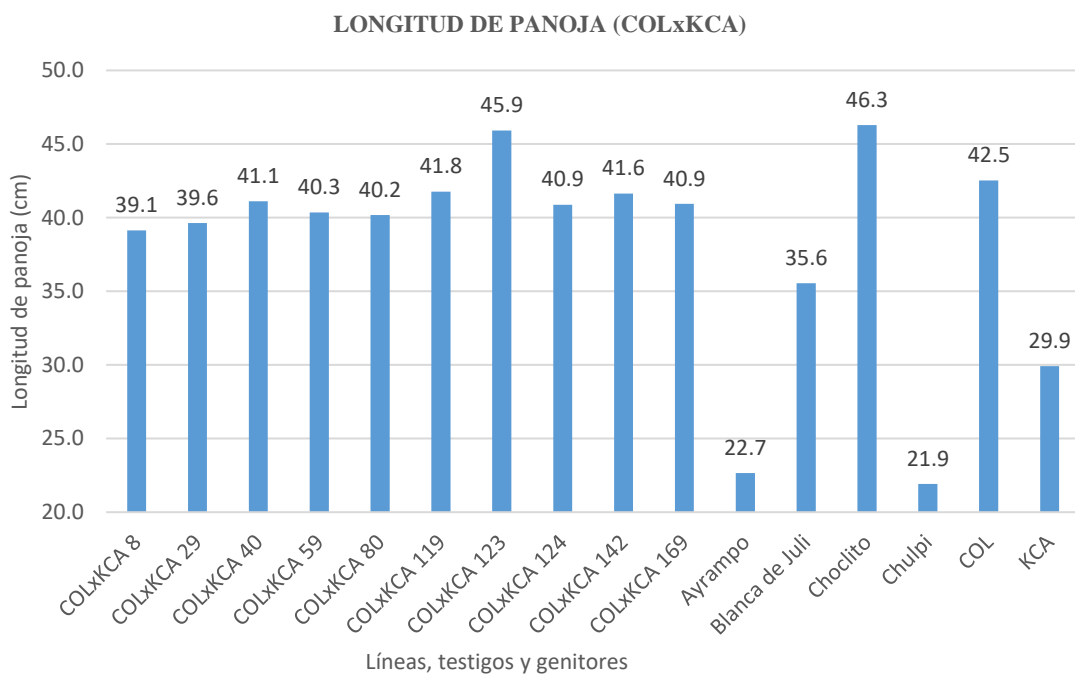


Figura 20. Comparación de longitud de panoja entre líneas F9 de la cruce COL x KCA, genitores y testigos.

Tabla 22. Prueba de Tukey al 5% para longitud de panoja (cm) y las medias de las líneas F9 de la craza COL x KCA, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media			
Choclito	46.29	A		
COLxKCA 123	45.92	A		
COL	42.53	A		
COLxKCA 119	41.76	A		
COLxKCA 142	41.64	A		
COLxKCA 40	41.12	A		
COLxKCA 169	40.93	A		
COLxKCA 124	40.88	A		
COLxKCA 59	40.34	A		
COLxKCA 80	40.18	A	B	
COLxKCA 29	39.64	A	B	C
COLxKCA 8	39.13	A	B	C
Blanca de Juli	35.56	A	B	C
KCA	29.92	A	B	C
Ayrampo	22.65		B	C
Chulpi	21.92			C

4.1.3.6. Salcedo INIA x Negra Collana

El análisis de varianza para la variable longitud de panoja muestra altamente significativo para tratamiento y bloque, y significativo para repetición, donde el promedio general obtenido de longitud de panoja en la craza SAL x KCA fue de 32.12cm, con coeficiente de varianza de 14.38% (Anexo 45). Se realizó la prueba de Tukey (5%) donde se determinó los rangos de significancia de los tratamientos, donde las líneas con mayor longitud de panoja fueron las siguientes; SALxCOL13 con 37.67cm, SALxCOL149 con 37.37cm, SALxCOL174 con 38.62cm, SALxCOL175 con 36.47cm, SALxCOL36 con

38.51cm, SALxCOL57 con 36.24cm, SALxCOL182 con 35.89cm, SALxCOL26 con 35.78cm, SALxCOL85 con 35.72cm y SALxCOL86 con 35.56cm, en cambio los genitores obtuvieron los siguientes resultados SAL con 34.36cm y COL con 39.39cm, siendo la diferencia de medias no significativo estadísticamente, asimismo los testigos obtuvieron longitudes inferiores que las líneas, siendo Ayrampo con mayor longitud con 38.43cm, seguido de Choclito con 35.92cm, Blanca de Juli con 34.43cm y Chulpi con 32.75cm, siendo la comparación entre genitores testigos y líneas no significativo (Figura 21) (Tabla 23).

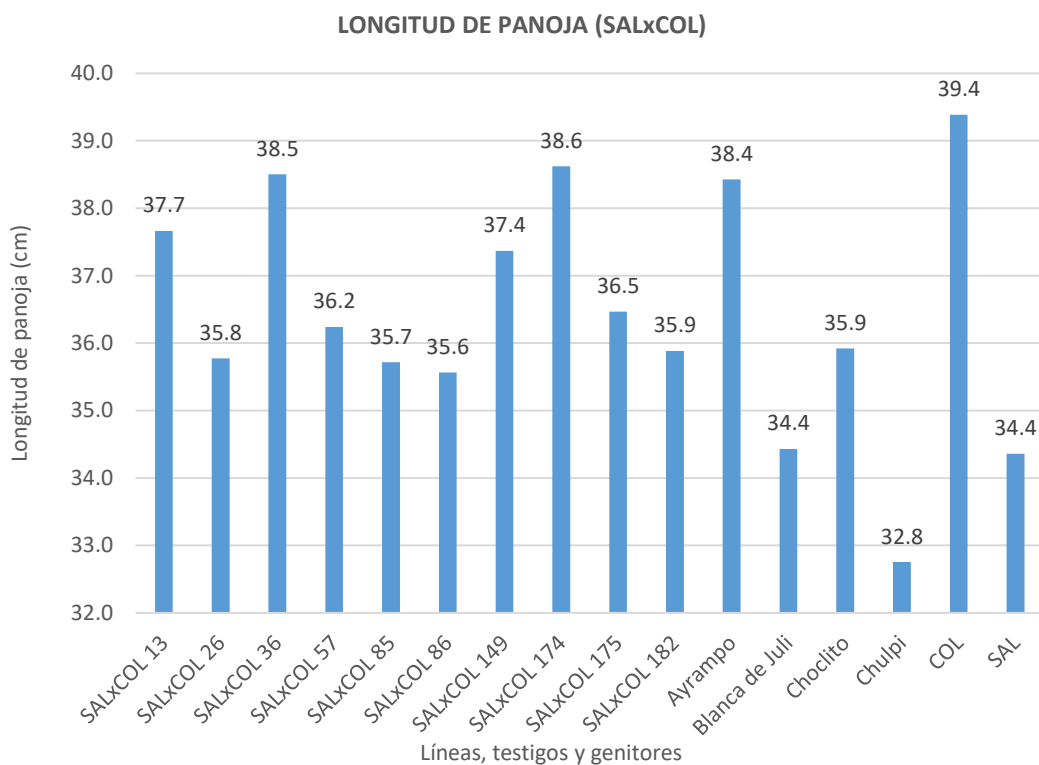


Figura 21. Comparación de longitud de panoja entre líneas F9 de la cruce SAL X COL, genitores y testigos.

Tabla 23. Prueba de Tukey al 5% para longitud de panoja (cm) y las medias de las líneas F9 de la cruce SALxCOL, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Medias	
COL	39.39	A
SALxCOL 174	38.62	A
SALxCOL 36	38.51	A
Ayrampo	38.43	A
SALxCOL 13	37.67	A
SALxCOL 149	37.37	A
SALxCOL 175	36.47	A
SALxCOL 57	36.24	A
Choclito	35.92	A
SALxCOL 182	35.89	A
SALxCOL 26	35.78	A
SALxCOL 85	35.72	A
SALxCOL 86	35.56	A
Blanca de Juli	34.43	A
SAL	34.36	A
Chulpi	32.75	A

La producción de granos está de acuerdo a la longitud de la panoja, las medias registradas en el presente estudio, clasifican a la longitud de panoja de las líneas como medianos y grandes de acuerdo al rango de (Bonifacio, 2006), quienes agrupan la longitud de panoja en pequeñas de 15 cm, medianas y grandes hasta 70 cm. Se puede atribuir al potencial genético de las líneas mejoradas.

Delgado *et al.* (2009) en su trabajo de investigación de evaluación de genotipos de quinua en Colombia, indica que la relación de las variables longitud de panoja con altura de planta es positiva, lo cual indica que el aumento en altura de planta contribuye al incremento de longitud de panoja y además reportaron longitudes de panoja entre 22 y 40cm. Además existe una correlación positiva entre longitud de panoja con el rendimiento de grano (Maliro y Njala, 2019).



Apaza (2017) en la investigación en la Programa de Mejoramiento Genético de Quinoa en los Centros de Investigación de Camani e Illpa UNAP – Puno, utilizando los mismos materiales genéticos, indica que la longitud de panoja de las líneas HUAxKCA129 y HUAxKCA54 se encontraron en el nivel intermedio de medias de longitud de panoja dentro de la craza Huariponcho x Kcancolla (HUAxKCA), siendo en la presente investigación considerado de mayor longitud de panoja, en la craza Salcedo INIA x Huariponcho (SALxHUA) la línea SALxHUA116 fue clasificado dentro de líneas de mayor longitud de panoja, en la craza Pasankalla x Kcancolla (PASxKCA) la línea PASxKCA79 fue considerado de mayor longitud de panoja, en la craza Salcedo INIA x Pandela Rosada (SALxPAN) la línea SALxPAN76 fue considerado de longitud de panoja en nivel intermedio, mientras que en la craza Negra Collana x Kcancolla (COLxKCA) la línea COLxKCA40 fue considerado en líneas con medias a nivel intermedio y finalmente en la craza Salcedo INIA x Negra Collana (SALxCOL) la línea SALxCOL86 obtuvo mayor diámetro de panoja según su clasificación, concordando los resultados con la presente investigación. Además indica que esta variable de respuesta permite dimensionar el volumen de la panoja, que a su vez refleja la cantidad de grano producido por la planta directamente relacionado con el rendimiento, sin embargo, influye también el tipo de inflorescencia si es compacta o laxa.

4.1.4. Diámetro de panoja

4.1.4.1. Huariponcho x Kcancolla

El análisis de varianza para la variable diámetro de panoja muestra altamente significativo para repetición, tratamiento y bloque, donde el promedio general de la cruza HUA x KCA fue de 4.57cm, con un coeficiente de varianza de 16.3% (Anexo 46). Se realizó la prueba de Tukey (5%) donde se determinó los rangos de significancia entre tratamientos, donde las líneas que alcanzaron mayor diámetro de panoja fueron las siguientes; HUAxKCA103 con 5.85cm, HUAxKCA194 con 5.56cm, HUAxKCA37 con 5.91cm, HUAxKCA89 con 5.6cm y HUAxKCA91 con 6cm de diámetro de panoja, mientras los genitores obtuvieron los siguientes resultados; HUA con 4.27cm y KCA con 5.37cm, que fueron inferiores que las líneas pero no significativos estadísticamente. Asimismo los testigos obtuvieron medias inferiores que las líneas obteniendo los siguientes resultados; Blanca de Juli con 4.59cm, Choclito con 4.81cm, Chulpi con 4.98cm y Ayrampo con 4.98cm de diámetro, que fueron no significativo estadísticamente, (Figura 22) (Tabla 24).

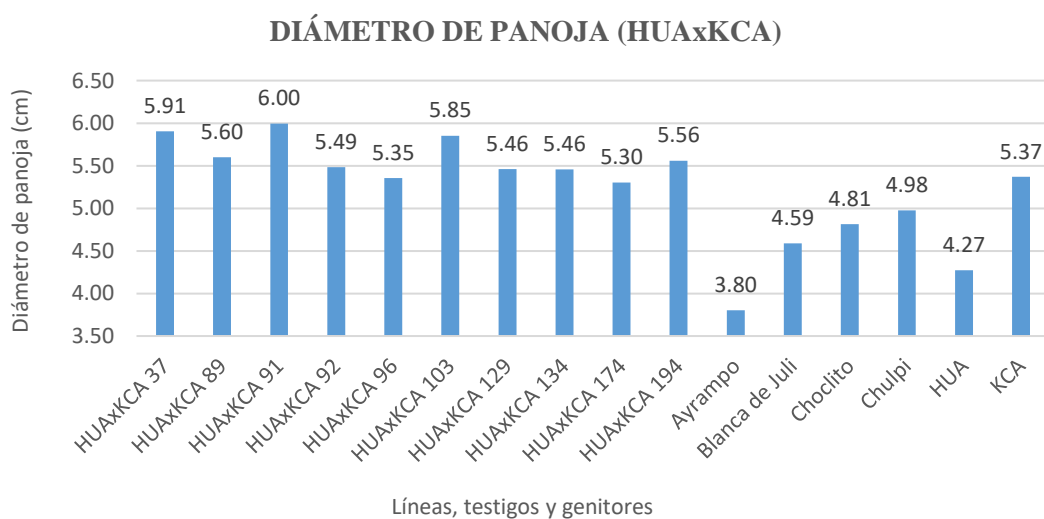


Figura 22. Comparación de diámetro de panoja entre líneas F9 de la cruza HUA x KCA, genitores y testigos.

Tabla 24. Prueba de Tukey al 5% para diámetro de panoja (cm) y las medias de las líneas F9 de la craza HUA x KCA, genitores y testigos.

Lineas, genitores y testigos	Media		
HUAxKCA 91	6.00	A	
HUAxKCA 37	5.91	A	
HUAxKCA 103	5.85	A	
HUAxKCA 89	5.60	A	B
HUAxKCA 194	5.56	A	B
HUAxKCA 92	5.49	A	B
HUAxKCA 129	5.46	A	B
HUAxKCA 134	5.46	A	B
KCA	5.37	A	B
HUAxKCA 96	5.35	A	B
HUAxKCA 174	5.30	A	B
Chulpi	4.98	A	B
Choclito	4.81	A	B
Blanca de Juli	4.59	A	B
HUA	4.27	A	B
Ayrampo	3.80		B

4.1.4.2. Salcedo INIA x Huariponcho

El análisis de varianza para el variable diámetro de panoja muestra altamente significativo para tratamiento, repetición y bloque, donde la media general de la variable fue de 4.74cm (Anexo 47). Se realizó la prueba de Tukey (5%) mediante el cual se determinó los rangos de significancia de los tratamientos, donde las líneas que presentaron mayor diámetro de panoja en la craza SAL X HUA fueron las siguientes; SALxHUA116 con 6.35cm, SALxHUA117 con 6.02cm, SALxHUA33 con 6.58cm, SALxHUA48 con 6.34cm, SALxHUA79 con 6.5cm, SALxHUA51 con 5.83cm,

SALxHUA129 con 5.81cm, SALxHUA132 con 5.80, SALxHUA71 con 5.71cm y SALxHUA151 con 5.69, siendo superior en promedio en comparación con los genitores HUA y SAL que alcanzaron a medir 3.48cm y 5.84cm respectivamente. Asimismo los testigos obtuvieron medias inferiores que las líneas seleccionadas y genitores, obteniendo los resultados; Blanca de Juli con 4.83cm, Choclito con 5.28cm, Chulpi con 5.33cm y Ayrampo con 3.48cm de diámetro de panoja. Se observó dentro de la cruza SALxHUA diferencias entre líneas, genitores y testigos, siendo superior las líneas pero estadísticamente fue no significativo entre tratamientos a excepción de la variedad Ayrampo que obtuvo menor diámetro de panoja y fue significativo con algunas líneas (Tabla 25) (Figura 23).

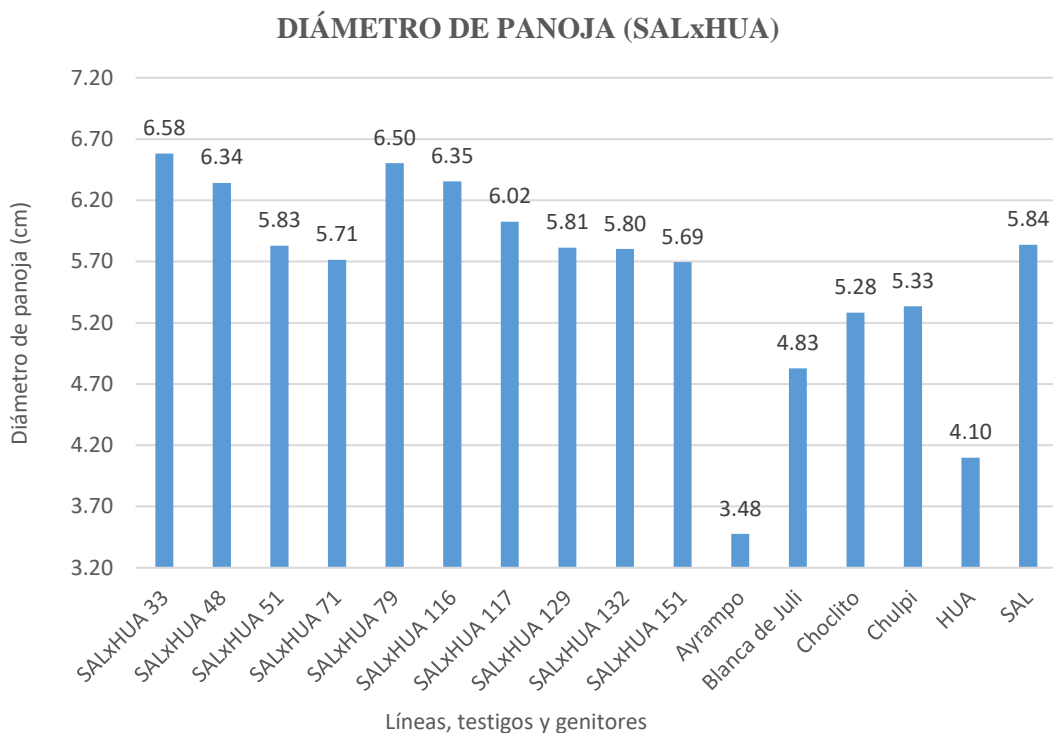


Figura 23. Comparación de diámetro de panoja entre líneas F9 de la cruza SAL x HUA, genitores y testigos.

Tabla 25. Prueba de Tukey al 5% para diámetro de panoja (cm) y las medias de las líneas F9 de la cruz SAL x HUA, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Medias		
SALxHUA 33	6.58	A	
SALxHUA 79	6.50	A	
SALxHUA 116	6.35	A	B
SALxHUA 48	6.34	A	B
SALxHUA 117	6.02	A	B
SAL	5.84	A	B
SALxHUA 51	5.83	A	B
SALxHUA 129	5.81	A	B
SALxHUA 132	5.80	A	B
SALxHUA 71	5.71	A	B
SALxHUA 151	5.69	A	B
Chulpi	5.33	A	B
Choclito	5.28	A	B
Blanca de Juli	4.83	A	B
HUA	4.10	A	B
Ayrampo	3.48		B

4.1.4.3. Pasankalla x Kcancolla

El análisis de varianza para el variable diámetro de panoja muestra altamente significativo para tratamiento, repetición y bloque, donde la media general de la variable fue de 4.11cm (Anexo 48). Se realizó la prueba de Tukey (5%) mediante el cual se obtuvo los rangos de significancia para los tratamientos, donde las líneas que mayor diámetro obtuvieron fueron las siguientes; PASxKCA115 con 5.89cm, PASxKCA126 con 6.04cm, PASxKCA21 con 6.08cm, PASxKCA79 con 6.01cm, PASxKCA8 con 6.8cm, PASxKCA77 con 5.76cm, PASxKCA123 con 5.70cm, PASxKCA100 con 5.54cm, PASxKCA83 con 5.49 y PASxKCA162 con 5.31cm, siendo superior las líneas en comparación con los genitores que obtuvieron los siguientes resultados; PAS con 5.26cm y KCA con 4.32cm, asimismo los testigos obtuvieron los siguientes resultados; Blanca de Juli con 4.22, Choclito con 4.95cm, Chulpi con 4.58 y Ayrampo con 3.22cm. Los

resultados demuestran la superioridad de las líneas frente a los testigos y genitores pero estadísticamente no significativo (Figura 24) (Tabla 26).

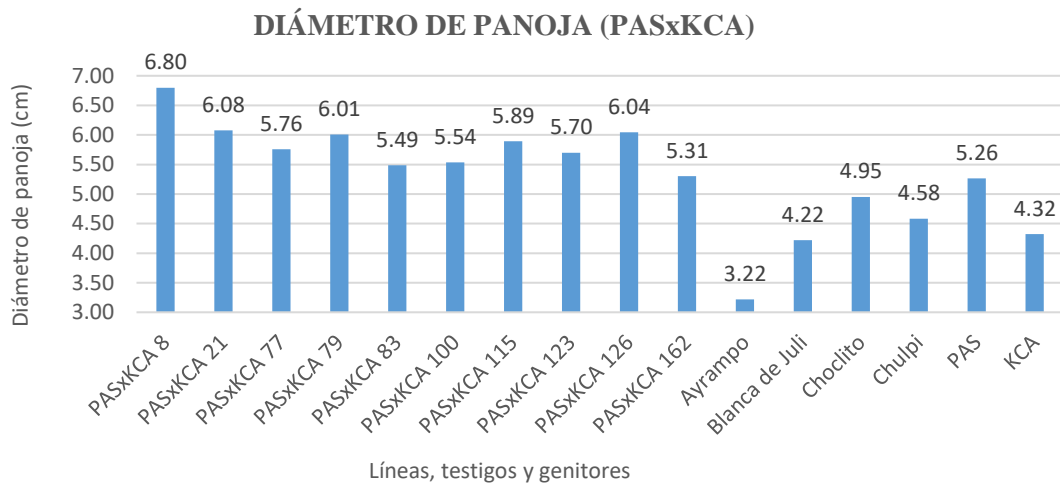


Figura 24. Comparación de diámetro de panoja entre líneas F9 de la crusa PAS x KCA, genitores y testigos.

Tabla 26. Prueba de Tukey al 5% para diámetro de panoja (cm) y las medias de las líneas F9 de la crusa PAS x KCA, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media		
PASxKCA 8	6.80	A	
PASxKCA 21	6.08	A	B
PASxKCA 126	6.04	A	B
PASxKCA 79	6.01	A	B
PASxKCA 115	5.89	A	B
PASxKCA 77	5.76	A	B
PASxKCA 123	5.70	A	B
PASxKCA 100	5.54	A	B
PASxKCA 83	5.49	A	B
PASxKCA 162	5.31	A	B
PAS	5.26	A	B
Choclito	4.95	A	B
Chulpi	4.58	A	B
KCA	4.32	A	B
Blanca de Juli	4.22	A	B
Ayrampo	3.22		B

4.1.4.4. Salcedo INIA x Pandela rosada

El análisis de varianza para la variable diámetro de panoja muestra altamente significativo para tratamiento, repetición y bloque, donde la media general de la variable fue de 4.45cm (Anexo 49). Se realizó la prueba de Tukey (5%) donde se determinó los rangos de significancia para los tratamientos, donde las líneas con mayor diámetro de panoja fueron las siguientes; SALxPAN1 con 6.33cm, SALxPAN165 con 6.33cm, SALxPAN60 con 6.16cm, SALxPAN61 con 6.27cm y SALxPAN72 con 7.09cm, SALxPAN109 con 5.96cm, SALxPAN3 con 5.94cm, SALxPAN104 con 5.76cm, SALxPAN66 con 5.74cm y SALxPAN168 con 5.69cm de diámetro, siendo superior las líneas en comparación con los genitores SAL y PAN que obtuvieron medidas de 3.89cm y 3.81cm de diámetro respectivamente. Mientras que los testigos obtuvieron resultados similares que los progenitores e inferiores que las líneas con los siguientes resultados; Blanca de Juli con 3.72cm, Choclito con 4.36cm, Chulpi con 3.36cm y Ayrampo con 3.48cm de diámetro. Los genitores y los testigos obtuvieron medias inferiores que la media general de la cruce que fue de 4.45cm de diámetro (Figura 24) (Tabla 27).

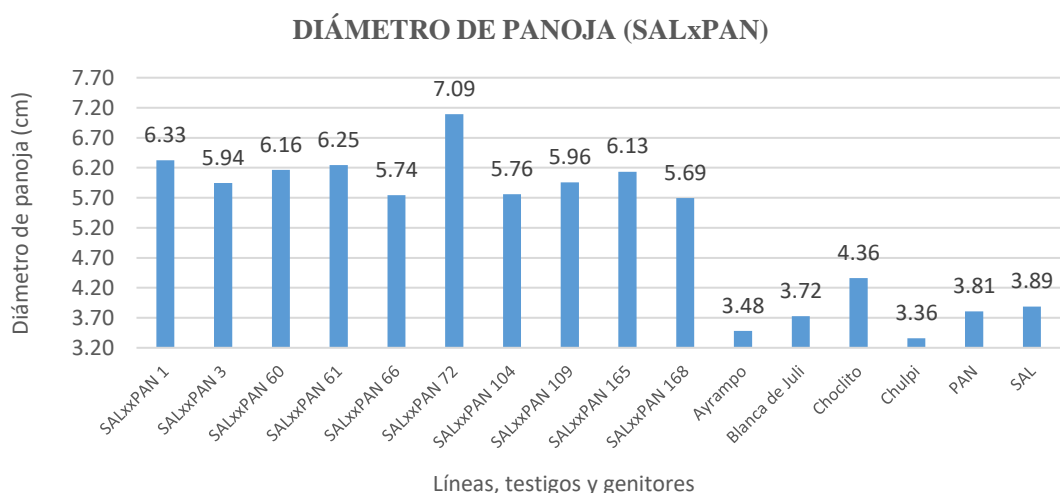


Figura 25. Comparación de diámetro de panoja entre líneas F9 de la cruce SAL x PAN, genitores y testigos.

Tabla 27. Prueba de Tukey al 5% para diámetro de panoja (cm) y las medias de las líneas F9 de la craza SAL x PAN, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media		
SALxPAN 72	7.09	A	
SALxPAN 1	6.33	A	B
SALxPAN 61	6.25	A	B
SALxPAN 60	6.16	A	B
SALxPAN 165	6.13	A	B
SALxPAN 109	5.96	A	B
SALxPAN 3	5.94	A	B
SALxPAN 104	5.76	A	B
SALxPAN 66	5.74	A	B
SALxPAN 168	5.69	A	B
Choclito	4.36	A	B
SAL	3.89		B
PAN	3.81		B
Blanca de Juli	3.72		B
Ayrampo	3.48		B
Chulpi	3.36		B

4.1.4.5. Negra Collana x Kcancolla

El análisis de varianza para el variable diámetro de panoja muestra altamente significativo para tratamiento, repetición y bloques, donde la media general obtenida para la craza COLxKCA fue de 4.27cm (Anexo 50). Mediante la prueba de Tukey (5%) se determinó los rangos de significancia para los tratamientos, donde las líneas con mayor diámetro de panoja fueron las siguientes; COLxKCA123 con 5.5cm, COLxKCA124 con 6.08cm, COLxKCA142 con 5.35cm, COLxKCA40 con 5.48cm, COLxKCA98 con 5.47cm, COLxKCA139 con 5.27cm, COLxKCA169 con 5.27cm, COLxKCA8 con 5.22cm, COLxKCA9 con 5.19cm y COLxKCA100 con 5.09cm de diámetro de panoja. En cambio las variedades que son progenitores de la craza COL x KCA alcanzaron de 5.03cm y 3.49cm respectivamente, mientras que los testigos obtuvieron los siguientes resultados; Blanca de Juli con 5.61cm, Choclito con 6.14cm, Chulpi con 3.87cm y

Ayrampo con 2.71cm de diámetro. Los resultados fueron no significativos estadísticamente entre los testigos, genitores y líneas (Figura 26) (Tabla 28).

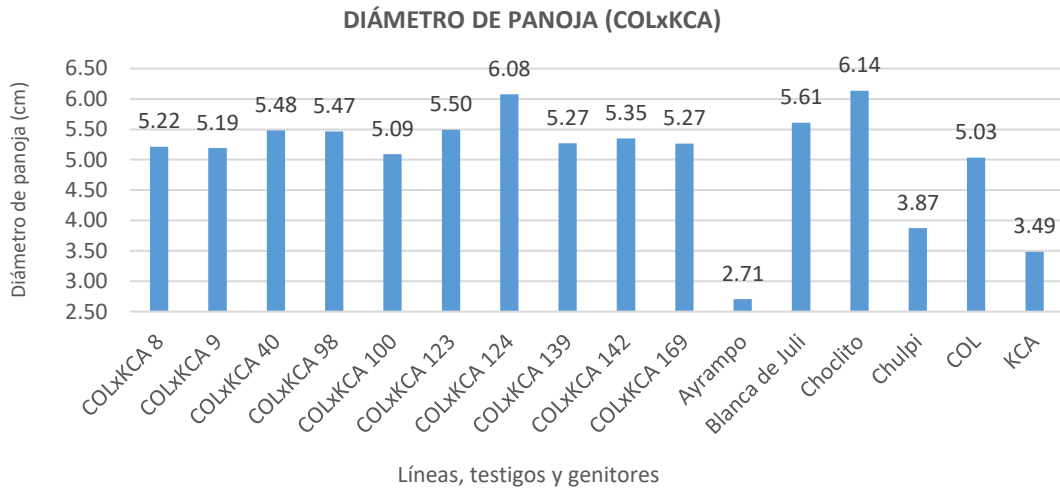


Figura 26. Comparación de diámetro de panoja entre líneas F9 de la crusa COL x KCA, genitores y testigos.

Tabla 28. Prueba de Tukey al 5% para diámetro de panoja (cm) y las medias de las líneas F9 de la crusa COL X KCA, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media		
Choclito	6.14	A	
COLxKCA 124	6.08	A	
Blanca de Juli	5.61	A	
COLxKCA 123	5.50	A	
COLxKCA 40	5.48	A	
COLxKCA 98	5.47	A	
COLxKCA 142	5.35	A	
COLxKCA 139	5.27	A	
COLxKCA 169	5.27	A	B
COLxKCA 8	5.22	A	B
COLxKCA 9	5.19	A	B
COLxKCA 100	5.09	A	B
COL	5.03	A	B
Chulpi	3.87	A	B
KCA	3.49	A	B
Ayrampo	2.71		B

4.1.4.6. Salcedo INIA x Negra Collana

El análisis de varianza para el variable diámetro de panoja muestra significativo para repetición y altamente significativo para tratamiento y bloque, donde la media general para la variable de la crusa SALxCOL fue de 6.30cm (Anexo 51). Se realizó la prueba de Tukey (5%) donde se determinó los rangos de significancias entre tratamientos, donde las líneas que alcanzaron mayor diámetro de panoja en la crusa SAL x COL fueron las siguientes; SALxCOL13 con 7.86cm, SALxCOL149 con 9.76cm, SALxCOL26 con 7.41cm, SALxCOL56 con 7.5cm, SALxCOL93 con 7.32cm, SALxCOL11 con 7.26cm, SALxCOL87 con 7.10cm, SALxCOL117 con 7.02cm, SALxCOL174 con 6.89cm y SALxCOL57 con 6.84cm, siendo significativo en el primer rango de significancia en comparación con los progenitores que obtuvieron los siguientes resultados; SAL con 5.82cm y COL con 6.32cm de diámetro. Los testigos obtuvieron resultados inferiores que las líneas y similares medias que los genitores, obteniendo los siguientes resultados; Blanca de Juli con 4.42cm, Choclito con 4.94cm, Chulpi con 5.86cm y Ayrampo con 5.38cm (Figura 27) (Tabla 29).

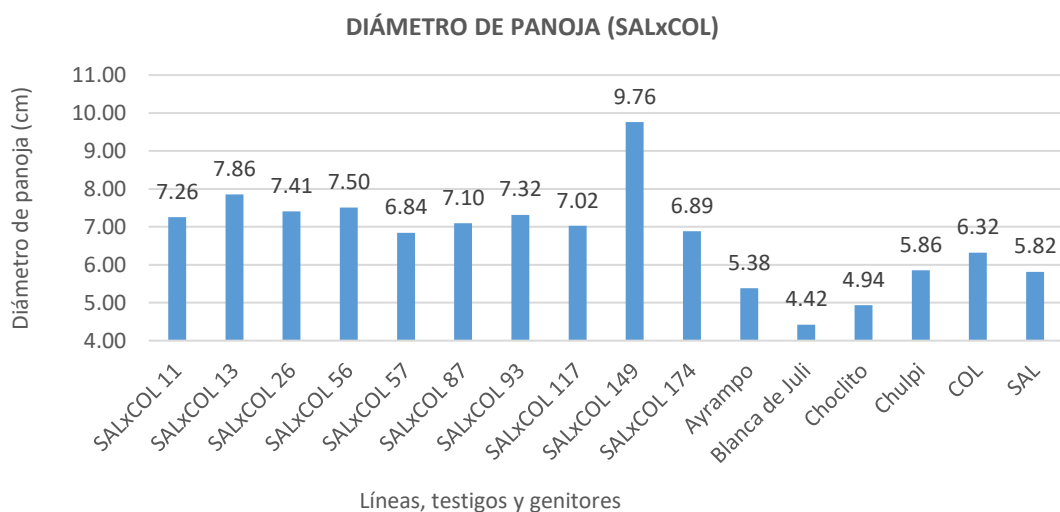


Figura 27. Comparación de diámetro de panoja entre líneas F9 de la crusa SAL x COL, genitores y testigos.

Tabla 29. Prueba de Tukey al 5% para diámetro de panoja (cm) y las medias de las líneas F9 de la craza SALxCOL, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media			
SALxCOL 149	9.76	A		
SALxCOL 13	7.86	A	B	
SALxCOL 56	7.50	A	B	
SALxCOL 26	7.41	A	B	
SALxCOL 93	7.32	A	B	
SALxCOL 11	7.26	A	B	C
SALxCOL 87	7.10	A	B	C
SALxCOL 117	7.02	A	B	C
SALxCOL 174	6.89	A	B	C
SALxCOL 57	6.84	A	B	C
COL	6.32		B	C
Chulpi	5.86		B	C
SAL	5.82		B	C
Ayrampo	5.38		B	C
Choclito	4.94		B	C
Blanca de Juli	4.42			C

Blanco (2009) indica que el diámetro de panoja varía en un rango de 2.9 a 19.4cm según un ensayo de análisis de diversidad genética del germoplasma de quinua de Bolivia.

Rojas (2003) en su investigación de análisis multivariado de diversidad genética del germoplasma de quinua en Bolivia, concuerda con los resultados al indicar que el rango de variación para el diámetro de panoja es de 2.86 a 19.42cm con un promedio de 6.85 cm de diámetro de panoja. Encontrándose los resultados obtenidos de las líneas de las seis cruzas; HUAxKCA, SALxHUA, PASxKCA, SALxPAN, COLxKCA y SALxCOL, en los rangos mencionados.

Mujica *et al.* (2013), señalan que uno de los objetivos de mejoramiento genético en quinua deber ser precisamente mejorar la arquitectura de planta con una alta eficiencia productiva con panojas grandes y anchas, tallos gruesos y plantas de alturas medianos.



Jacobsen (2007), señala que características agronómicas como precocidad, uniformidad, tamaño de planta, madurez uniforme, tipo de panoja, tallos resistentes al vuelco y resistencia a enfermedades vienen dadas desde la genética misma de la planta, esto sumado a una buena nutrición dará como resultado un cultivo con mejor vigor y rendimiento.

4.1.5. Madurez fisiológica

4.1.5.1. Huariponcho x Kcancolla

Mediante el análisis de varianza para madurez fisiológica en la cruce HUA x KCA, se observa altamente significativo para tratamiento y bloque y no significativo para repetición, donde el promedio general de la variable fue de 161 días, con un coeficiente de variación de 1.38% (Anexo 34). Mediante la prueba de Tukey (5%) se determinó los rangos de significancia de los tratamientos, donde las líneas precoces fueron HUAxKCA182 con 156 días, HUAxKCA13 con 156 días, HUA x KCA41 con 156 días, HUA x KCA11 con 156 días y HUA x KCA124 con 156 días, siendo significativo la diferencia con las medias de los genitores HUA con 165 días y KCA con 161 días, asimismo los testigos fueron más precoces en comparación con las líneas anteriormente mencionadas, siendo la más precoz Ayrampo con 158 días. Por otro parte las líneas tardías fueron HUAxKCA44 con 172 días, HUAxKCA120 con 170 días, HUAxKCA172 con 168 días, HUAxKCA133 con 168 días y HUAxKCA174 con 166 días, siendo significativas las medias en comparación con los genitores y los testigos (Tabla 30).

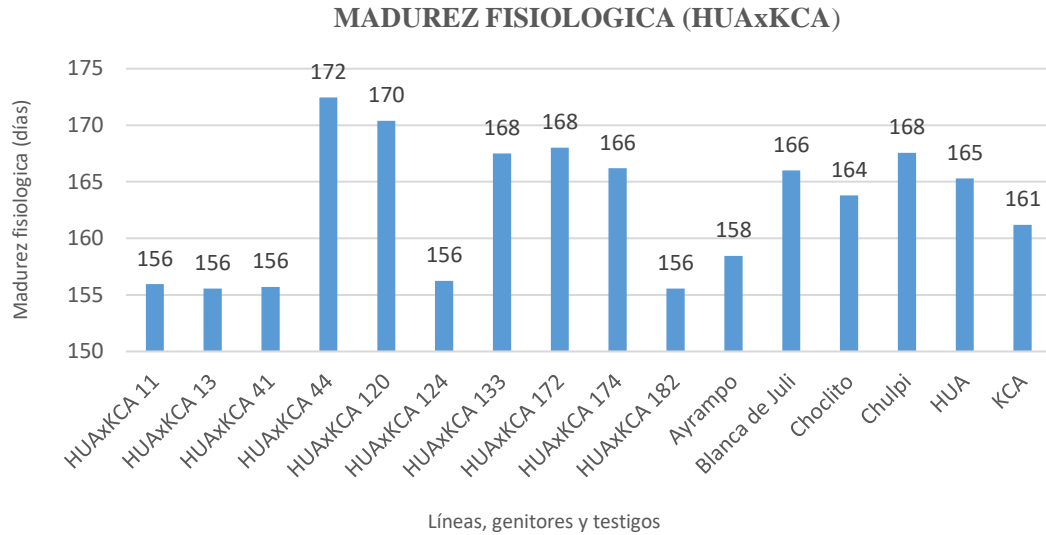


Figura 28. Comparación de días de madurez fisiológica entre líneas F9 de la cruce HUAxKCA, genitores y testigos.

Tabla 30. Prueba de Tukey al 5% para madurez fisiológica (días) y las medias de las líneas F9 de la cruce HUA X KCA, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Medias					
HUAxKCA 44	172	A				
HUAxKCA 120	170	A	B			
HUAxKCA 172	168	A	B	C		
Chulpi	168	A	B	C		
HUAxKCA 133	168	A	B	C		
HUAxKCA 174	166		B	C	D	
Blanca de Juli	166		B	C	D	
HUA	165			C	D	
Choclitto	164			C	D	E
KCA	161				D	E
Ayrampo	158					E F
HUAxKCA 124	156					F
HUAxKCA 11	156					F
HUAxKCA 41	156					F
HUAxKCA 13	156					F
HUAxKCA 182	156					F

4.1.5.2. Salcedo INIA X Huariponcho

En el análisis de varianza de la variable se observa altamente significativo para repeticiones, bloques y tratamientos, donde el promedio general de la variable fue de 165.02 días, con un coeficiente de variabilidad 1.62%. Se realizó la prueba de Tukey (5%) mediante la cual se determinó los rangos de significancia entre tratamientos, donde las líneas precoces fueron las siguientes; SALxHUA178 con 156 días, SALxHUA127 con 157 días, SALxHUA111 con 158 días, SALxHUA10 con 159 días y SALxHUA121 con 159 días, siendo no significativo las medias de las líneas precoces en comparación con los genitores SAL y HUA que obtuvieron 158 y 157 días, mientras que en los testigos, la variedad Ayrambo fue precoz con 158.41 días y seguido de Choclitto con 163 días. Sin embargo las líneas tardías fueron las siguientes; SALxHUA49 con 177 días, SALxHUA35 con 173 días, SALxHUA46 con 173 días, SALxHUA152 con 172 días y SALxHUA28 con 172 días, siendo significativos en comparación con los genitores, testigos y líneas precoces (Figura 29) (Anexo 31).

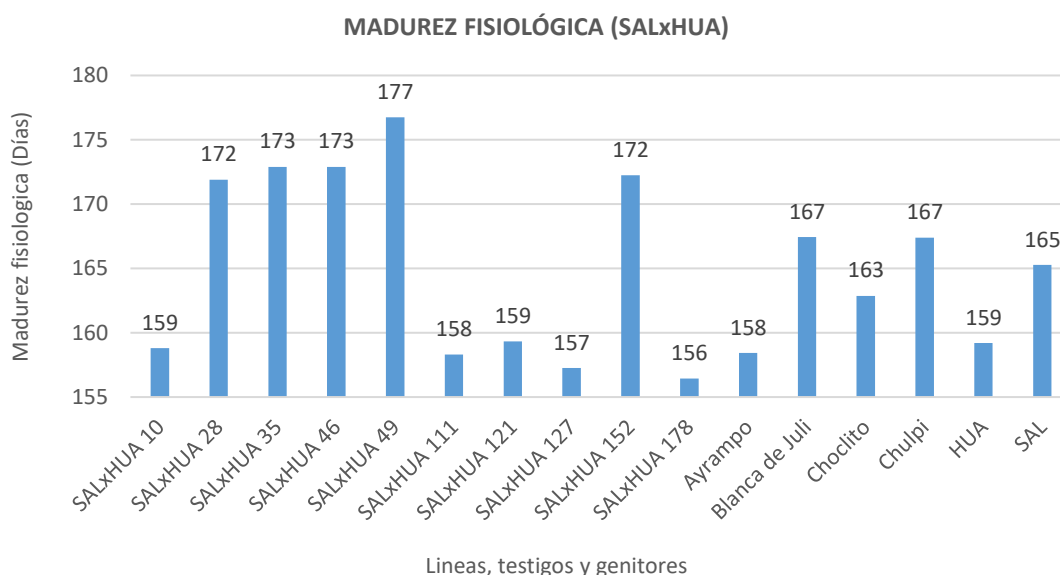


Figura 29. Comparación de madurez fisiológica de líneas F9 de la cruz SAL x HUA, genitores y testigos.

Tabla 31. Prueba de Tukey al 5% para madurez fisiológica (días) y las medias de las líneas F9 de la cruza SAL X HUA, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Medias				
SALxHUA 49	177	A			
SALxHUA 35	173	A	B		
SALxHUA 46	173	A	B		
SALxHUA 152	172	A	B	D	
SALxHUA 28	172	A	B	D	
Blanca de Juli	167		B	D	F
Chulpi	167		B	D	F
SAL	165			D	F I
Choclito	163				F I J
SALxHUA 121	159				I J
HUA	159				I J
SALxHUA 10	159				I J
Ayrampo	158				I J
SALxHUA 111	158				I J
SALxHUA 127	157				J
SALxHUA 178	156				J

4.1.5.3. Pasankalla x Kcancolla

El análisis de varianza para la variable madurez fisiológica muestra altamente significativo para tratamientos, repeticiones y bloques, donde el promedio general de días de madurez fisiológica de la cruza PAS x KCA fue de 176 días, con un coeficiente de varianza de 4.9% considerado como bueno. Se realizó la prueba de Tukey (5%) donde se determinó los rangos de significancia de los tratamientos, donde las líneas precoces

fueron las siguientes; PASxKCA21 con 172 días, PASxKCA61 con 171 días, PASxKCA13 con 171 días, PASxKCA139 con 170 días y PASxKCA42 con 170 días, mientras que las líneas tardías de la mencionada cruce fueron; PASxKCA110 con 181 días, PASxKCA49 con 181 días, PASxKCA128 con 180 días, PASxKCA124 con 180 días y PASxKCA161 con 180 días, la diferencia de medias fueron significativas en comparación con las líneas precoces, además las líneas precoces obtuvieron diferencias significativas a comparación del progenitor KCA que tuvo la maduración a los 178 días, mientras que el progenitor PAS maduró fisiológicamente a los 172 días siendo la media no significativa. Por otro lado, el check más precoz fue Choclito superando a las líneas de la cruce y las demás variedades (testigos) tuvieron los siguientes resultados; Chullpi con 173 días, Ayrampo con 174 días y finalmente Blanca de Juli con 179 días, siendo esta última variedad tardía (Figura 30) (Tabla 32).

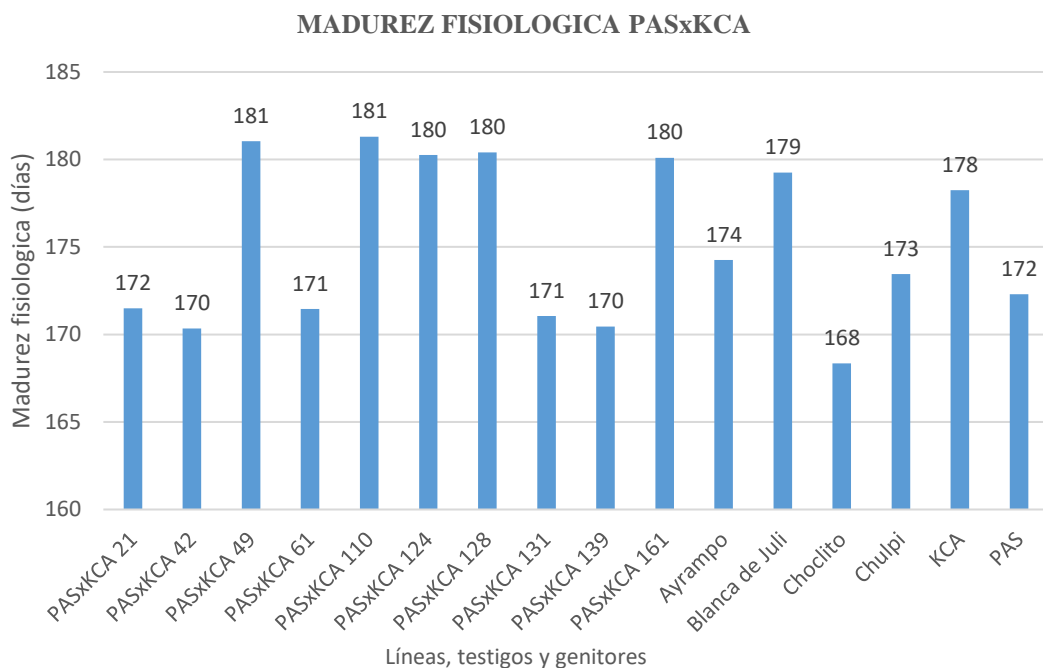


Figura 30. Comparación de Madurez fisiológica de líneas F9 de la cruce PAS x KCA, genitores y testigos.

Tabla 32. Prueba de Tukey al 5% para madurez fisiológica (días) y las medias de las líneas F9 de la craza PASxKCA, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media					
PASxKCA 110	181	A				
PASxKCA 49	181	A				
PASxKCA 128	180	A				
PASxKCA 124	180	A				
PASxKCA 161	180	A				
Blanca de Juli	179	A	B			
KCA	178	A	B	C		
Ayrampo	174		B	C	D	
Chulpi	173			C	D	E
PAS	172				D	E
PASxKCA 21	172				D	E
PASxKCA 61	171				D	E
PASxKCA 131	171				D	E
PASxKCA 139	170				D	E
PASxKCA 42	170				D	E
Choclito	168					E

4.1.5.4. Salcedo INIA x Pandela Rosada

El análisis de varianza de la variable madurez fisiológica muestra altamente significativo para tratamientos, repeticiones y bloques, donde el promedio general de madurez fisiológica de la craza SAL X PAN fue de 176 días, con un coeficiente de varianza de 1.25%. Se realizó la prueba de Tukey (5%), mediante la cual se determinó los rangos de significancia, donde las líneas precoces fueron; SALxPAN77 con 167 días, SALxPAN68 con 171, SALxPAN72 con 172 días, SALxPAN29 con 172 días, y SALxPAN57 con 173 días y las líneas tardías fueron; SALxPAN163 con 181 días, SALxPAN1 con 181 días, SALxPAN172 con 181 días, SALxPAN46 con 181 días y SALxPAN18 con 181 días. En comparación con las medias de los genitores SAL con 173 días y PAN con 175 se obtuvo líneas más precoces que los genitores y en caso de los

testigos se tuvo los siguientes resultados; Choclito con 160 días, Ayrampo con 175 días, Blanca de Juli con 176 días y Chulpi con 176 días, siendo el primero más precoz que las líneas y los testigos, además las comparaciones entre líneas precoces y tardías fueron significativas (Figura 31) (Tabla 33).

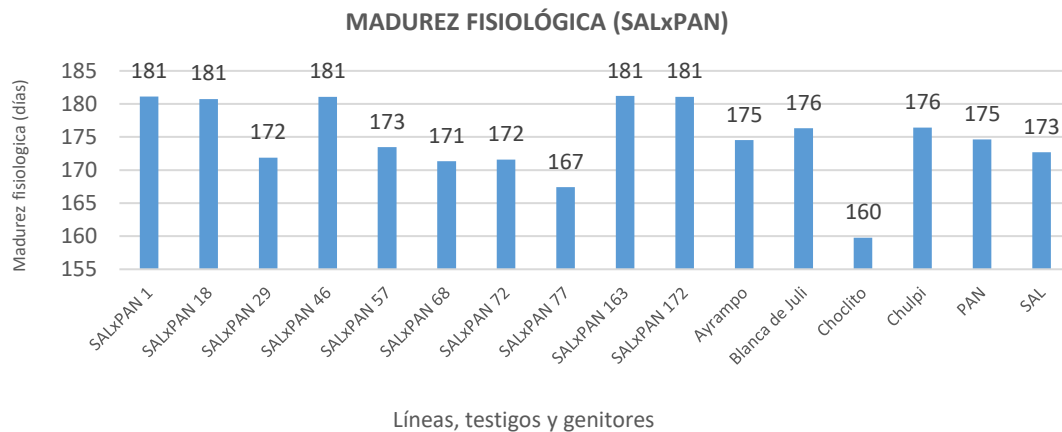


Figura 31. Comparación de Madurez fisiológica de líneas F9 de la cruz SAL X PAN, genitores y testigos.

Tabla 33. Prueba de Tukey al 5% para madurez fisiológica (días) y las medias F9 de las líneas de la cruz SAL X PAN, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media			
SALxPAN 163	181	A		
SALxPAN 1	181	A		
SALxPAN 46	181	A		
SALxPAN 172	181	A		
SALxPAN 18	180	A		
Chulpi	176	A	B	
Blanca de Juli	176	A	B	
PAN	175		B	
Ayrampo	175		B	
SALxPAN 57	173		B	
SAL	173		B	
SALxPAN 29	172		B	
SALxPAN 72	172		B	C
SALxPAN 68	171		B	C
SALxPAN 77	167			C
Choclito	160			D

4.1.5.5. Negra Collana x Kcancolla

El análisis de varianza de la variable madurez fisiológica muestra altamente significativo para repeticiones, tratamientos y bloques, donde el promedio general de madurez fisiológica de la cruce COL x KCA fue de 166 días, con un coeficiente de varianza de 1.54%. Se realizó la prueba de Tukey (5%), donde se determinó los rangos de significancia entre tratamientos, donde las líneas precoces fueron las siguientes; COLxKCA150 con 158 días, COLxKCA114 con 159 días, COLxKCA57 con 160, COLxKCA14 con 160 días y COLxKCA62 con 161 días y las líneas tardías fueron; COLxKCA98 con 174 días, COLxKCA85 con 172 días, COLxKCA9 con 172 días, COLxKCA144 con 171 días y COLxKCA123 con 171 días, siendo significativo la diferencia entre líneas precoces y tardías. Los genitores COL y KCA tuvieron madurez fisiológica de 171 y 169 días respectivamente, mientras que los testigos obtuvieron los siguientes resultados; Blanca de Juli con 168 días, Choclito con 168 días, Chulpi con 165 días y Ayrampo con 164 días, siendo el ultimo menor al promedio general de la cruce COL x KCA (Figura 32) (Tabla 34).

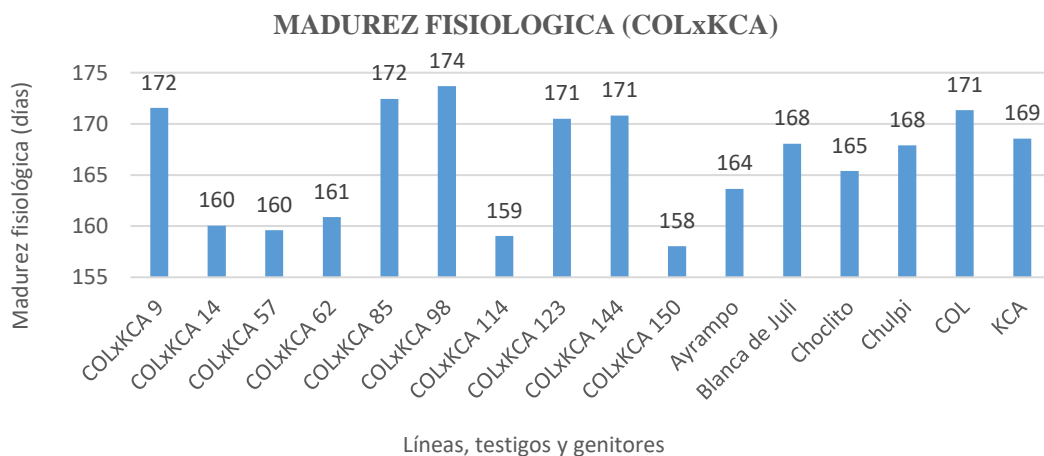


Figura 32. Comparación de Madurez fisiológica de líneas F9 de la cruce COLxKCA, genitores y testigos.

Tabla 34. Prueba de Tukey al 5% para madurez fisiológica (días) y las medias de las líneas F9 de la craza COLxKCA, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media					
COLxKCA 98	173.70	A				
COLxKCA 85	172.45	A				
COLxKCA 9	171.55	A	B			
COL	171.35	A	B			
COLxKCA 144	170.80	A	B			
COLxKCA 123	170.50	A	B			
KCA	168.55	A	B	C		
Blanca de Juli	168.05	A	B	C		
Chulpi	167.90	A	B	C		
Choclito	165.40		B	C	D	
Ayrampo	163.65			C	D	E
COLxKCA 62	160.90				D	E
COLxKCA 14	160.05				D	E
COLxKCA 57	159.60				D	E
COLxKCA 114	159.05				D	E
COLxKCA 150	158.05					E

4.1.5.6. Salcedo INIA x Negra Collana

El análisis de varianza muestra altamente significativo para tratamientos y bloques y no significativo para repeticiones, donde el promedio general de la craza SAL X COL fue de 166 días de madurez fisiológica, con un coeficiente de varianza de 4.72%. Mediante la prueba de Tukey (5%), se determinó los rangos de significancia de los tratamientos, donde líneas precoces fueron las siguientes; SALxCOL117 con 164 días, SALxCOL78 con 163 días, SALxCOL51 con 162 días, SALxCOL185 con 162 días y SALxCOL62 con 162 días y las cinco líneas tardías fueron SALxCOL181 con 173 días, SALxCOL8 con 171 días, SALxCOL28 con 171 días, SALxCOL34 con 171 días, SALxCOL10 con 170 días, siendo significativa entre líneas precoces y tardías. Los genitores SAL x HUA tuvieron resultados de 169 y 167 días respectivamente, siendo significativos en comparación con las líneas precoces. Por otro lado los resultados

obtenidos de los testigos fueron los siguiente; Blanca de Juli con 167 días, Choclito con 167 días, Chulpi con 166 días y Ayrampo con 172 días (Tabla 35) (Figura 33).

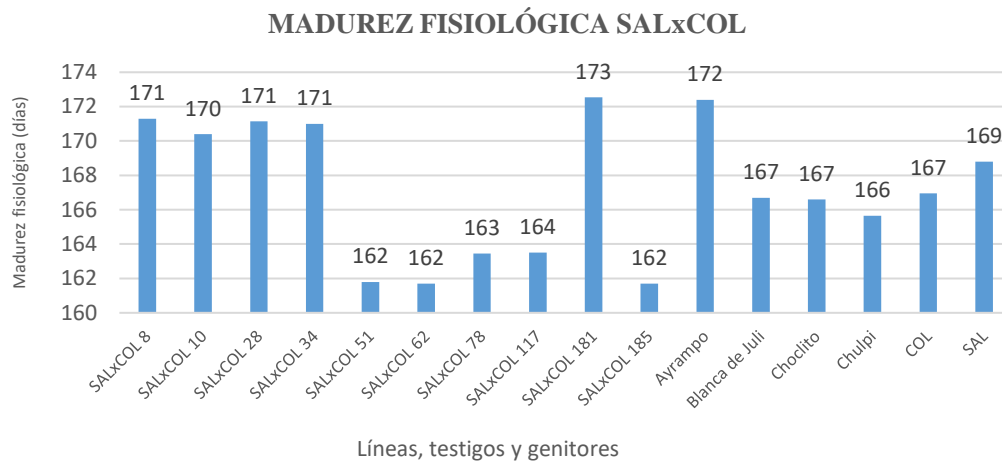


Figura 33. Comparación de Madurez fisiológica de líneas F9 de la cruza SALxCOL, genitores y testigos.

Tabla 35. Prueba de Tukey al 5% para madurez fisiológica (días) y las medias de las líneas F9 de la cruza SAL X COL, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media				
SALxCOL 181	173	A			
Ayrampo	172	A			
SALxCOL 8	171	A	B		
SALxCOL 28	171	A	B		
SALxCOL 34	171	A	B		
SALxCOL 10	170	A	B		
SAL	169	A	B	C	
COL	167	A	B	C	D
Blanca de Juli	167	A	B	C	D
Choclito	167	A	B	C	D
Chulpi	166		B	C	D
SALxCOL 117	164			C	D
SALxCOL 78	163			C	D
SALxCOL 51	162				D
SALxCOL 62	162				D
SALxCOL 185	162				D



Según Apaza (2017) quien evaluó el mismo material genético dentro del Programa Mejoramiento Genético de Quinoa a los 3825msnm, en el Centro de Investigación y Producción Illpa y Camacani, en similares condiciones medio ambientales, reportó que dentro de la cruza Huariponcho x Kcancolla (HUAxKCA), las líneas HUAxKCA70 y HUAxKCA13 resultaron precoces coincidiendo con lo expuesto en la presente investigación. Mientras que en la cruza Salcedo INIA x Huariponcho (SALxHUA) alcanzaron madurar fisiológicamente a los 190.26 días en promedio, siendo el efecto ambiental un factor importante en la variación de días de madurez fisiológica. En caso de la cruza Pasankalla x Kcancolla (PASxKCA), la línea PASxKCA139 resultó semi-precoc, mientras que la línea PASxKCA131 fue tardío resultando contrario a lo obtenido en la presente investigación, asimismo dentro de la cruza Negra Collana x Kcancolla (COLxKCA) la línea COLxKCA114 fue precoc concordando con el resultado obtenido en la presente investigación, mientras que la línea COLxKCA9 resulto semi-precoc siendo considerado como precoc en la presente investigación y finalmente en la cruza SALxCOL, obtuvo como línea precoc a SALxCOL185, mientras que la línea SALxCOL78 resulto semi-precoc, coincidiendo con los resultados de la presente investigación.

Maliro y Njala (2019) indican que la temperatura y la altitud son factor ambientales importantes que afectan el crecimiento de las plantas, en su investigación mencionan que periodo de maduración de los genotipos es temprana en los sitios cálidos (25-28°C) y retrasados en sitios más fríos (16-20°C), además hace referencia a la influencia de la altitud, donde menciona que en los sitios de baja altitud (510 msnm) la quinoa maduró temprano dentro de los 90 días, en sitios de altitud media (1100 msnm) la quinoa maduro de 100 a 110 días, mientras que a mayor altitud (1456 msnm) tardó hasta 120 días y el autor utilizó como uno de los materiales genéticos a la variedad Pasankalla,



donde la madurez fisiológica varió de 103 a 119 días debido a la interacción del efecto genético x efecto del medio ambiente. En la presente investigación se observó la influencia del efecto medio ambiental, donde se reportó la madurez fisiológica de la variedad Pasankalla a los 172 días, debido que el experimento se encontró a mayor altitud (3826 msnm) y al amplio rango de variación de temperatura que oscila de -0.1 a 20.4°C .

La sequía es uno de los factores determinantes en la producción de quinua en el altiplano, en la temporada de siembra causa muerte de las plántulas durante la germinación, mientras que en la fase vegetativa de la planta, provoca un retraso en crecimiento, alargando el ciclo productivo, mientras que en la fase reproductiva, la sequía acelera la maduración (Bonifacio, 2019). En la presente investigación se tuvo ausencia de lluvias durante las fases fenológicas de dos hojas verdaderas y cuatro hojas verdaderas según el genotipo, retrasando el crecimiento y ocasionando pérdidas de plantas de quinua por estrés hídrico.

A su vez, Rojas *et al.* (2014), en su investigación en Bolivia, evaluaron con respecto al ciclo vegetativo, donde los genitores obtuvieron un promedio de 145 a 165 días de madurez fisiológica y además indican que la precocidad está relacionada con la altura de planta.

Los genotipos con mejores características morfológicas son resultados atribuibles a las condiciones climáticas de la zona, al carácter genotípico del material y al manejo del cultivo (Blanco, 2009).

4.1.6. Rendimiento de grano/planta

4.1.6.1. Huariponcho x Kcancolla

El análisis de varianza de la variable rendimiento de grano/planta muestra la alta significancia para la repetición, bloque y tratamiento, donde la media general de la variable fue de 17.71g de grano/planta, con coeficiente de varianza de 19.67% considerado como bueno (Anexo 22). Mediante la prueba Tukey (5%), se observó la significancia de medias entre líneas, genitores y testigos, donde las diez líneas que alcanzaron mayor rendimiento por planta fueron HUAxKCA19 con 26.86g, HUAxKCA194 con 26.06g, HUAxKCA186 con 24.65g, HUAxKCA89 con 24.43g, HUAxKCA118 con 24.41g, HUAxKCA144 con 23.84, HUAxKCA35 con 23.49g, HUAxKCA90 con 22.90g, HUAxKCA27 con 22.74g y HUAxKCA12 con 22.17g de grano, siendo significativo la diferencia de las primeras líneas en comparación con los genitores que obtuvieron los siguientes resultados; HUA con 15.35g y KCA con 16.40g, de la misma manera la diferencia de medias entre líneas y testigos fueron significativas, siendo el rendimiento de las variedades (testigos) los siguientes; Blanca de Juli con 16.35g, Choclito con 13.11g, Chulpi con 9.64g y Ayrampo con 6.07g, mientras la diferencia entre medias de genitores y testigos fue no significativo (Figura 34) (Tabla 36).

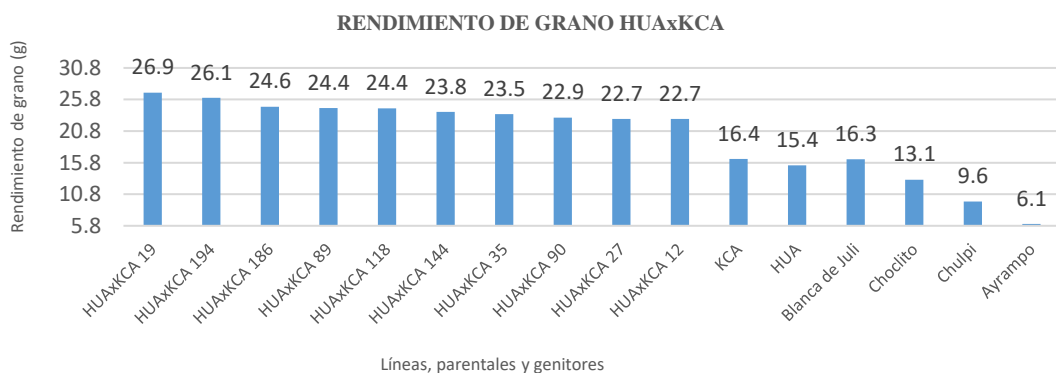


Figura 34. Comparación de rendimiento de grano/planta entre líneas F9 de la cruz HUAxKCA, genitores y testigos.

Tabla 36. Prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento de grano/ planta (g.planta⁻¹) y las medias de las líneas F9 de la cruce HUAxKCA, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media		
HUAxKCA 19	26.86	A	
HUAxKCA 194	26.06	A	
HUAxKCA 186	24.65	A	B
HUAxKCA 89	24.43	A	B
HUAxKCA 118	24.41	A	B
HUAxKCA 144	23.84	A	B
HUAxKCA 35	23.49	A	B
HUAxKCA 90	22.90	A	B
HUAxKCA 27	22.74	A	B
HUAxKCA 12	22.70	A	B
KCA	16.40		B C
Blanca de Juli	16.35		B C
HUA	15.37		B C
Choclito	13.11		C
Chulpi	9.64		C
Ayrampo	6.07		C

4.1.6.2. Salcedo INIA x Huariponcho

En el análisis de varianza de la variable rendimiento de grano/planta de la cruce SALxHUA, se puede observar la alta significancia para tratamiento, repetición y bloque, siendo el promedio general 18.59g de grano/planta, con un coeficiente de varianza de 16.74% (Anexo 23). Mediante la prueba Tukey (5%) se obtuvo las significancias mediante las medias entre líneas, genitores y testigos, donde las líneas con mejor

rendimiento/planta fueron SALxHUA178 con 42.18g, SALxHUA41 con 42.02g, SALxHUA40 con 36.52g, SALxHUA152 con 31.38g, SALxHUA49 con 30.79g, SALxHUA12 con 30.62g, SALxHUA116 con 30.55g, SALxHUA133 con 26.81g, SALxHUA57 con 25.73g y SALxHUA103 con 25.58g, siendo la diferencia significativo en comparación con el parental SAL que obtuvo 12.69g, mientras el parental HUA obtuvo 25.21g haciendo que la diferencia de medias sea no significativo a excepción de las tres primeras líneas mencionadas que fueron significativos. Además los testigos obtuvieron los siguientes resultados; Blanca de Juli con 12.13g, Choclito con 18.7g, Chulpi con 11.94 y Ayrampo con 15g de grano, haciendo que la diferencia de las medias sea significativo en comparación con las líneas promisorias seleccionadas (Figura 35) (Tabla 37).

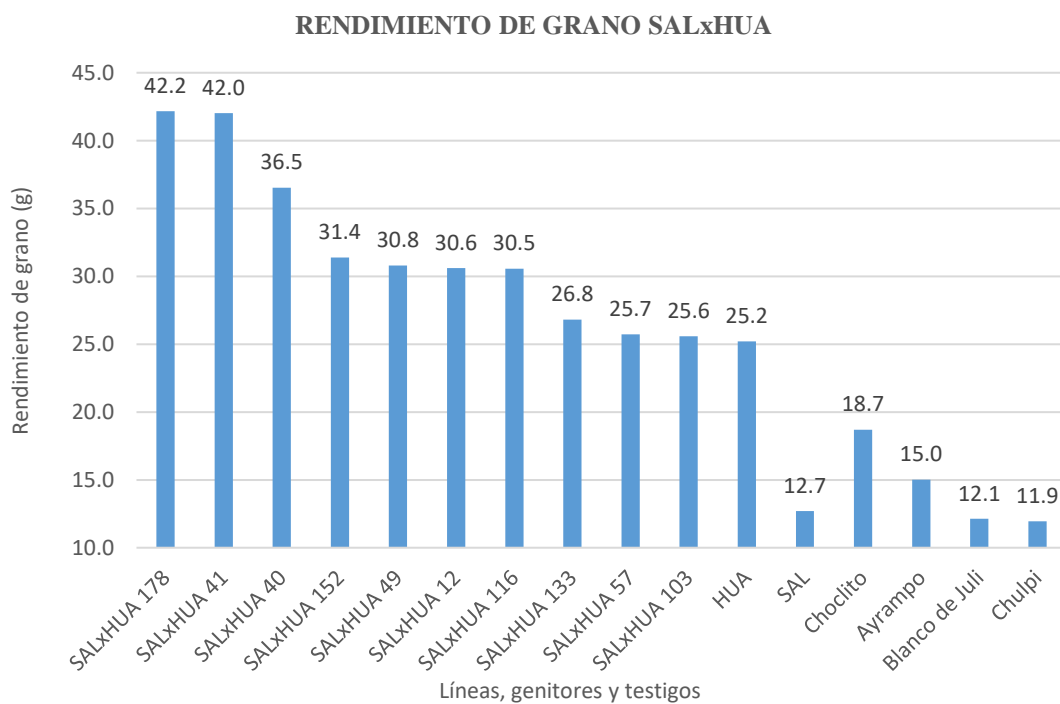


Figura 35. Comparación de rendimiento de grano/planta entre líneas F9 de la cruce SALxHUA, genitores (SAL y HUA) y testigos.

Tabla 37. Prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento de grano/planta (g.planta⁻¹) de las líneas F9 de la cruza SALxHUA, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media				
SALxHUA 178	42.18	A			
SALxHUA 41	42.02	A			
SALxHUA 40	36.52	A	B		
SALxHUA 152	31.38		B	C	
SALxHUA 49	30.79		B	C	
SALxHUA 12	30.62		B	C	
SALxHUA 116	30.55		B	C	
SALxHUA 133	26.81			C	D
SALxHUA 57	25.73			C	D
SALxHUA 103	25.58			C	D
HUA	25.21			C	D
CHOCLITO	18.70				D E
AYRAMPO	15.00				E
SAL	12.69				E
BLANCA DE JULI	12.13				E
CHULPI	11.94				E

4.1.6.3. Pasankalla x Kcancolla

El análisis de varianza de la variable rendimiento de grano/planta de la cruza PASxKCA muestra la alta significancia para repetición, tratamiento y grupo, donde la media general de la variable fue de 20.05g, teniendo como coeficiente de varianza de 17.83% (Anexo 24). Mediante la prueba de Tukey (5%) se observó tratamientos con medias con diferencias significativas y no significativas, donde las líneas promisorias seleccionadas fueron las siguientes; PASxKCA163 con 51.34g, PASxKCA91 con 42.30g, PASxKCA162 con 36.87g, PASxKCA124 con 35.76g, PASxKCA77 con 35.39g,

PASxKCA5 con 34.41g, PASxKCA21 con 34.28g, PASxKCA25 con 33.76g, PASxKCA19 con 33.71g y PASxKCA143 con 32.19g, siendo significativo la diferencia de medias en comparación con el progenitor KCA con 16.74g, mientras que el progenitor PAS con 26.26g fue no significativo en comparación con las líneas a excepción de las tres primeras líneas promisorias que fueron significativas. En caso de los testigos, obtuvieron los siguientes resultados; Blanca de Juli con 19g, Choclito con 17.24g, Chulpi con 13.71g y Ayrampo con 13.88, siendo las medias significativo en comparación con las líneas promisorias y no significativas con los genitores (Figura 36) (Tabla 38).

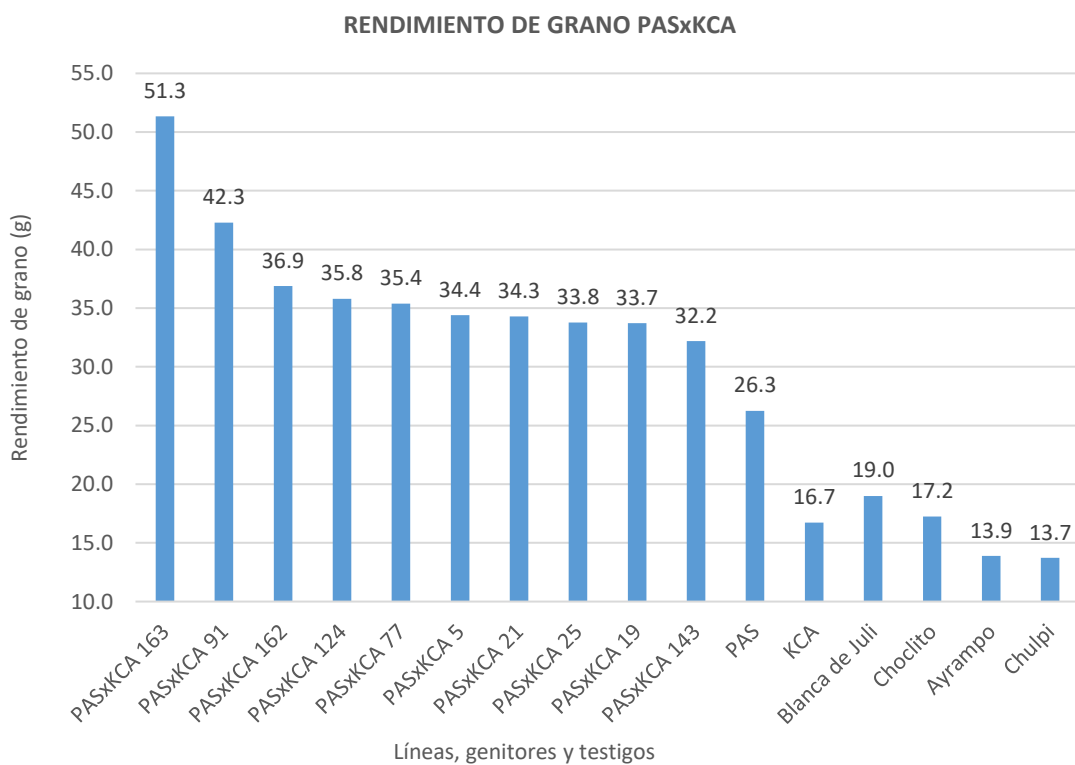


Figura 36. Comparación de rendimiento de grano/planta entre líneas F9 de la cruce PASxKCA, genitores y testigos.

Tabla 38. Prueba de Tukey (5%) para la variable rendimiento de grano/planta (g.planta⁻¹) de las líneas F9 de la cruce PASxKCA, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media					
PASxKCA 163	51.34	A				
PASxKCA 91	42.30	A	B			
PASxKCA 162	36.87		B	C		
PASxKCA 124	35.79		B	C	D	
PASxKCA 77	35.39		B	C	D	
PASxKCA 5	34.41		B	C	D	
PASxKCA 21	34.28		B	C	D	
PASxKCA 25	33.76		B	C	D	
PASxKCA 19	33.71		B	C	D	
PASxKCA 143	32.19			C	D	
PAS	26.26				D	E
Blanca de Juli	19.00					E F
Choclito	17.24					E F
KCA	16.74					E F
Ayrampo	13.88					F
Chulpi	13.71					F

4.1.6.4. Salcedo INIA x Pandela Rosada

El análisis de varianza de la variable rendimiento de grano/planta para la cruce SALxPAN muestra altamente significativo para tratamientos y bloques, mientras que para la repetición fue significativo, donde la media general de la variable fue 27.33g, con un coeficiente de varianza de 20.1%. Se realizó la prueba de Tukey (5%) donde se observó las significancias de las medias, donde las líneas promisorias seleccionadas

fueron las siguientes; SALxPAN88 con 64.94g, SALxPAN100 con 63.09g, SALxPAN98 con 61.69g, SALxPAN72 con 61,45, SALxPAN9 con 49.50g, SALxPAN1 con 47.42g, SALxPAN66.1 con 46.08g, SALxPAN58 con 45.34g, SALxPAN132 con 45g y SALxPAN105 con 44.02g, siendo significativo las medias en comparación con el parental SAL que obtuvo un rendimiento de 19.16g, mientras que el parental PAN obtuvo 34.64g haciendo que sea significativo las cuatro primeras líneas promisorias y las demás fueron no significativas según la prueba. Mientras que los testigos obtuvieron los siguientes rendimientos; Blanca de Juli con 11.84g, Choclito con 17.51g, Chulpi con 5.57g y Ayrampo con 13.71g, siendo el resultado significativo en comparación con las líneas promisorias y no significativas con los genitores (Figura 37).

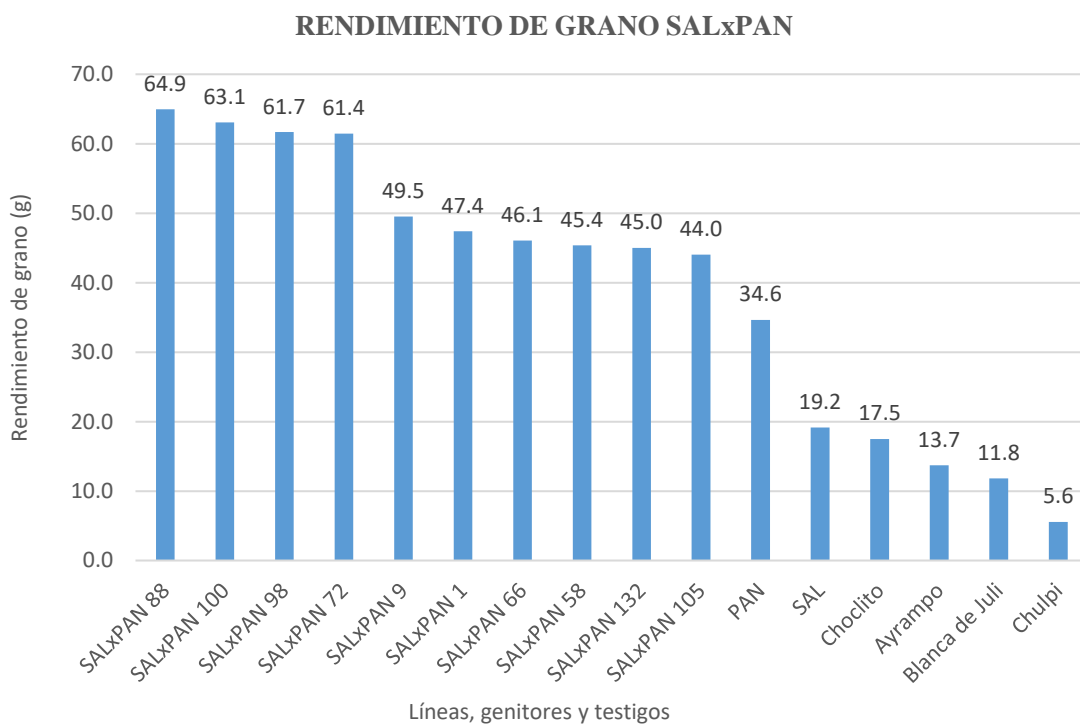


Figura 37. Comparación de rendimiento de grano/planta entre líneas F9 de la cruce SALxPAN, genitores y testigos.

Tabla 39. Prueba de Tukey (5%) para la variable rendimiento de grano/planta (g.planta⁻¹) de las líneas F9 de la cruzada SALxPAN, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media				
SALxPAN 88	64.94	A			
SALxPAN 100	63.09	A	B		
SALxPAN 98	61.69	A	B	C	
SALxPAN 72	61.45	A	B	C	
SALxPAN 9	49.50		B	C	D
SALxPAN 1	47.42			C	D
SALxPAN 66	46.08				D
SALxPAN 58	45.35				D
SALxPAN 132	45.00				D
SALxPAN 105	44.02				D
PAN	34.64				D
SAL	19.16				E
Choclito	17.51				E
Ayrampo	13.71				E
Blanca de Juli	11.84				E
Chulpi	5.57				E

4.1.6.5. Negra Collana x Kcancolla

El análisis de varianza de la variable rendimiento/planta para la cruzada COLxKCA muestra la alta significancia para tratamientos, repeticiones y grupos, donde la media general de la variable fue 20.02g, con un coeficiente de varianza de 17.65g (Anexo 26). Se realizó la prueba de Tukey (5%), donde se observó las significancias de las medias de los tratamientos, donde las líneas promisorias fueron las siguientes; COLxKCA71 con 44.91g, COLxKCA79 con 29.83g, COLxKCA60 con 29.79g, COLxKCA45 con 29.63g,

COLxKCA4 con 29.55g, COLxKCA43 con 28.35g, COLxKCA187 con 28.33g, COLxKCA123 con 27.07g, COLxKCA136 con 26.75g y COLxKCA131 con 26.66g, siendo la primera línea altamente significativo, mientras que las demás líneas promisorias fueron significativos en comparación con el parental KCA que obtuvo 13.86g, mientras que el parental COL no fue significativo en comparación con las líneas promisorias a excepción de la primera línea en mención que fue significativo. Asimismo los testigos obtuvieron los siguientes resultados; Blanca de Juli con 13.49g, Choclito con 26.50g, Chulpi con 17.77g y Ayrampo con 15.88g, haciendo que las diferencias de las medias sean significativos en comparación con las líneas y no significativos con los genitores (Figura 38) (Tabla 40).

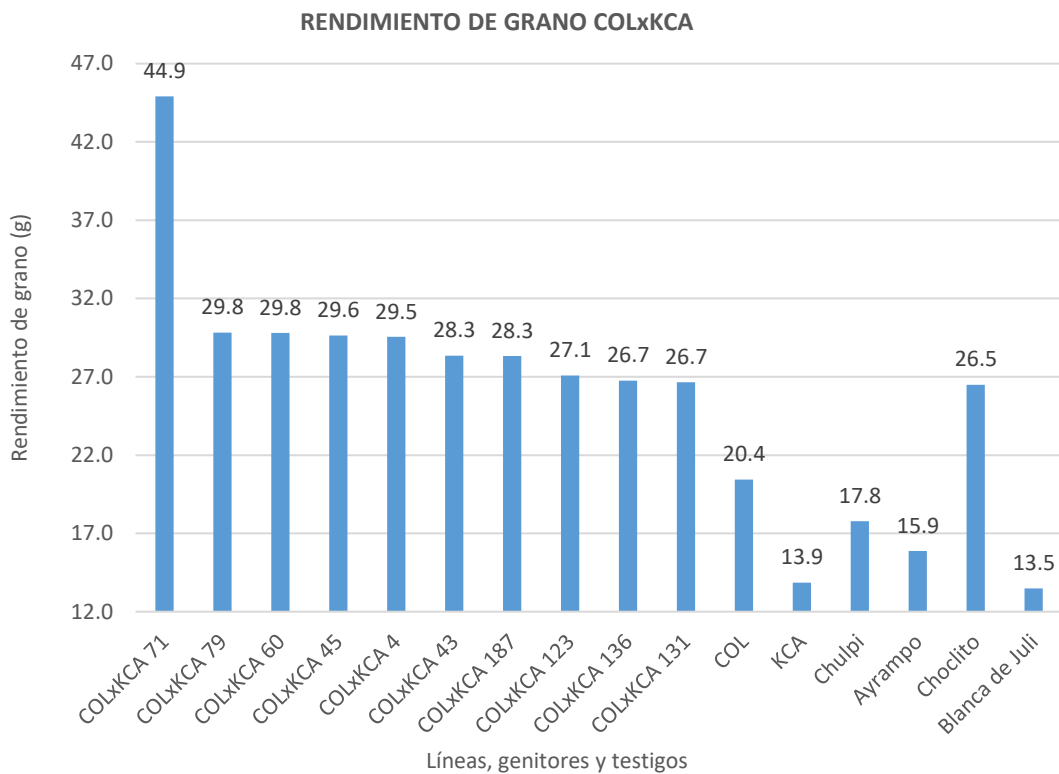


Figura 38. Comparación de rendimiento de grano/planta entre líneas F9 de la cruce COLxKCA, genitores y testigos.

Tabla 40. Prueba de Tukey (5%) para la variable rendimiento de grano/planta (g.planta⁻¹) de las líneas F9 de la craza COLxKCA, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media				
COLxKCA71	44.91	A			
COLxKCA 79	29.83		B		
COLxKCA 60	29.79		B		
COLxKCA 45	29.63		B		
COLxKCA 4	29.55		B		
COLxKCA 43	28.35		B		
COLxKCA 187	28.33		B		
COLxKCA 123	27.07		B		
COLxKCA 136	26.75		B	C	
COLxKCA 131	26.66		B	C	
Choclito	26.50		B	C	
COL	20.44		B	C	D
Chulpi	17.77			C	D
Ayrampo	15.88				D
Blanca de Juli	13.49				D
KCA	13.86				D

4.1.6.6. Salcedo INIA x Negra Collana

En el análisis de varianza de la variable rendimiento/planta para la craza SALxCOL se muestra alta significancia para la repetición, grupo y tratamiento, donde la media general de la variable fue 30.08g, con un coeficiente de varianza de 19.63% (Anexo 27). Se realizó la prueba de Tukey (5%), mediante el cual se observó las significancias entre tratamientos, donde las líneas promisorias de la craza fueron las siguientes; 7 con 67.07g, 13 con 59.62g, 52 con 56.53g, 27 con 53.69g, 37 con 50.35g, 81 con 49.35g, 30 con 49.21g, 117 con 43.32g, 11 con 42.62 y 97 con 42.34g, siendo significativo la diferencia en comparación con el parental COL que obtuvo 25.67g, mientras que el parental SAL fue no significativo en comparación con las líneas promisorias a excepción de las tres primeras líneas. Asimismo, los testigos Blanca de Juli, Choclito, Chulpi y Ayrampo obtuvieron 40.79g, 26.91, 10.84 y 17.41g respectivamente, siendo el resultado

significativo en comparación con las líneas a excepción de la variedad Blanca de Juli y las diferencias entre los genitores y los testigos no fue significativo (Tabla 41).

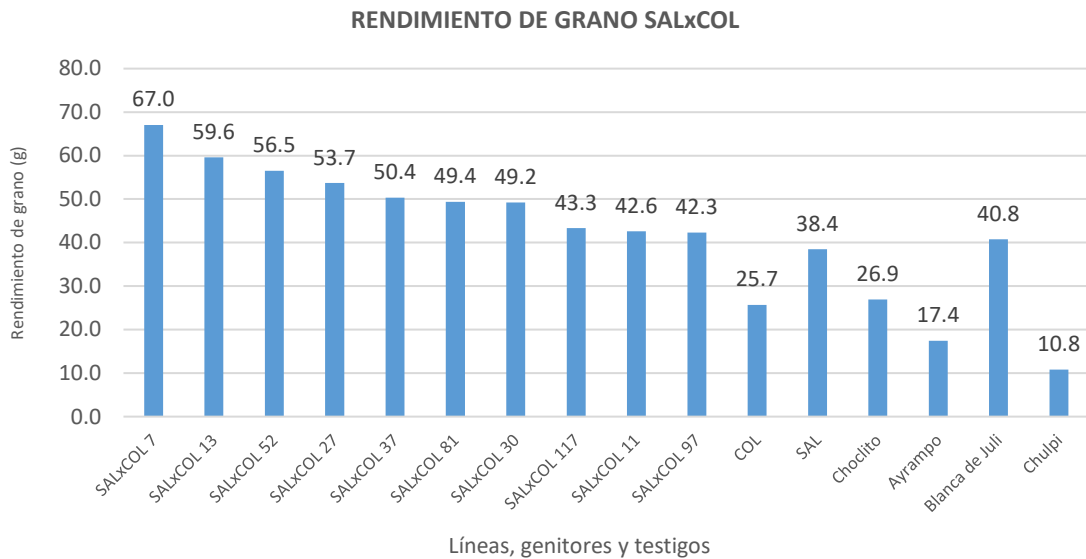


Figura 39. Comparación de rendimiento de grano/planta entre líneas F9 de la cruzada SALxCOL, genitores y testigos.

Tabla 41. Prueba de Tukey (5%) para la variable rendimiento de grano/planta (g.planta⁻¹) de las líneas F9 de la cruzada SALxCOL, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media							
SALxCOL 7	67.03	A						
SALxCOL 13	59.62	A	B					
SALxCOL 52	56.53	A	B	C				
SALxCOL 27	53.69	A	B	C	D			
SALxCOL 37	50.35		B	C	D			
SALxCOL 81	49.35		B	C	D			
SALxCOL 30	49.21		B	C	D			
SALxCOL 117	43.32			C	D			
SALxCOL 11	42.62			C	D	E		
SALxCOL 97	42.34			C	D	E		
Blanca de Juli	40.79				D	E	F	
SAL	38.45				D	E	F	
Choclito	26.91					E	F	G
COL	25.67						F	G
Ayrampo	17.41							G
Chulpi	10.84							G



Se registraron rendimientos por planta hasta de 250g, esta variable es fuertemente dependiente del genotipo y a la vez de las variables de componentes de rendimiento como el diámetro del tallo, altura de planta, longitud y diámetro de la panoja, diámetro del grano, entre otras (Rojas y Pinto, 2013).

Apaza (2017) en su trabajo de investigación, utilizando el mismo material genético en Centros de Investigación y Producción Illpa y Camacani, en similares condiciones ambientales obtuvo rendimiento/planta en seis cruces simples genéticamente de quinua, donde las líneas SALxHUA116 y SALxHUA152 de la cruce Salcedo INIA x Huariponcho (SALxHUA) fueron clasificadas; la primera como línea de mayor rendimiento/planta y la segunda con rendimiento intermedio. En la cruce Pasankalla x Kcancolla (PASxKCA), la línea PASxKCA91 fue clasificada como línea de mayor rendimiento/planta y finalmente en la cruce Negra Collana x Kcancolla (COLxKCA), la línea COLxKCA4 fue de mayor rendimiento, concordando con los resultados de la presente investigación.

La ausencia de lluvias afecta negativamente el cultivo de quinua en el altiplano, donde se cultiva en seco y afecta en el rendimiento, de acuerdo a Gámez *et al.*, (2019) en su investigación con dos variedades de costa (Var. Rainbow) y altiplano (Illpa) sobre déficit hídrico durante el llenado de grano, menciona que fisiológicamente en la planta la fotosíntesis, la transpiración y la conductividad estomática disminuyen con el aumento del estrés hídrico en ambos cultivares, pero la variedad costera muestra eficiencia en el uso de agua, esta respuesta se asoció con un mayor desarrollo radicular y un mejor ajuste en la apertura de estomas y concluye que los cultivares de quinua utilizan diferentes estrategias frente al estrés hídrico y esto previene la disminución del rendimiento y la calidad del grano en condiciones de sequía. En la presente investigación se observó ausencia de lluvias durante las fases fenológicas de grano lechoso a madurez fisiológica

según la característica del genotipo de cada progenie, que favorecieron la madurez fisiológica de las plantas, y la ausencia de lluvias no afectó en el rendimiento de grano durante las últimas fases fenológicas de plantas y esta información fue corroborado por Bonifacio (2019) donde menciona que en la fase reproductiva, la sequía acelera la maduración.

4.1.7. Rendimiento de grano / hectárea

4.1.7.1. Huariponcho x Kcancolla

El análisis de varianza de la variable rendimiento de grano/ha para la cruce HUAxKCA muestra altamente significativo para tratamientos, bloques y repeticiones, donde la media general de la variable fue 2429.87 kg ha⁻¹, con un coeficiente de varianza de 16.92% (Anexo 16). Se realizó la prueba de Tukey (5%) mediante la cual se observó significancias entre tratamientos, donde las líneas promisorias con mejores rendimientos HUAxKCA15 con 3 644.15kg ha⁻¹, HUAxKCA118 con 3529.19 kg ha⁻¹, HUAxKCA12 con 3516.88 kg ha⁻¹, HUAxKCA186 con 3421.52 kg ha⁻¹, HUAxKCA90 con 3406.71 kg ha⁻¹, HUAxKCA19 con 3213.33 kg ha⁻¹, HUAxKCA182 con 3198.65 kg.ha⁻¹, HUAxKCA89 con 3144.29 kg ha⁻¹, HUAxKCA194 con 3106.89 kg.ha⁻¹ y HUAxKCA102 con 3075.34 kg.ha⁻¹, siendo no significativo en comparación con los genitores HUA y KCA que obtuvieron 2833.56 y 2542.24 kg ha⁻¹, mientras que las diferencias fueron significativas en comparación con los testigos que obtuvieron los siguientes resultados; Blanca de Juli con 1995.82 kg.ha⁻¹, Choclito con 2018.52 kg.ha⁻¹, Chulpi con 1339.13 kg.ha⁻¹ y Ayrampo con 1204.38 kg.ha⁻¹ (Figura 40) (Tabla 42).

RENDIMIENTO DE GRANO HUAxKCA

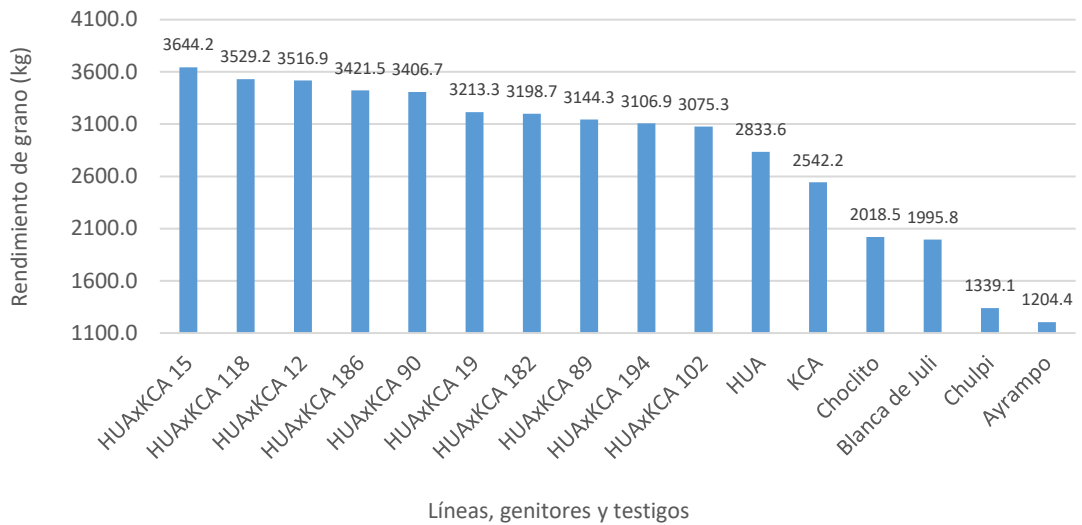


Figura 40. Comparación de rendimiento de grano/hectárea entre líneas F9 de la cruce HUAxKCA, genitores y testigos.

Tabla 42. Prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento de grano/hectárea (kg.ha⁻¹) de las líneas F9 de la cruce HUAxKCA entre genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media				
HUAxKCA 15	3644.15	A			
HUAxKCA 118	3529.19	A			
HUAxKCA 12	3516.88	A			
HUAxKCA 186	3421.52	A			
HUAxKCA 90	3406.71	A			
HUAxKCA 19	3213.33	A			
HUAxKCA 182	3198.65	A			
HUAxKCA 89	3144.29	A	B		
HUAxKCA 194	3106.89	A	B	C	
HUAxKCA 102	3075.34	A	B	C	
HUA	2833.56	A	B	C	
KCA	2542.24	A	B	C	
Choclito	2018.52		B	C	D
Blanca de Juli	1995.82			C	D
Chulpi	1339.13				D
Ayrampo	1204.38				D

4.1.7.2. Salcedo INIA x Huariponcho

El análisis de datos de la variable rendimiento de grano/ha para la cruce SALxHUA fue altamente significativo para la repetición, bloques y tratamientos, donde la media general de la variable fue de 2137.19 kg ha⁻¹, con un coeficiente de varianza de 19.7% (Anexo 17). Se realizó la prueba de Tukey (5%) para observar la significancia de tratamientos, donde las líneas obtuvieron los siguientes resultados; SALxHUA57 con 3525.13 kg ha⁻¹, SALxHUA180 con 3423.41 kg ha⁻¹, SALxHUA58 con 3144.9 kg ha⁻¹, SALxHUA133 con 3129.5 kg ha⁻¹, SALxHUA9 con 3115.12 kg ha⁻¹, SALxHUA40 con 3100.68 kg ha⁻¹, SALxHUA10 con 3000.6 kg ha⁻¹, SALxHUA41 con 2969.17 kg ha⁻¹, SALxHUA3 con 2877.90 kg ha⁻¹ y SALxHUA166 con 2822.95 kg ha⁻¹, siendo significativo las diferencias de las medias en comparación con el parental SAL que alcanzó 1900.6, mientras que el parental HUA obtuvo un rendimiento de 2333.97 haciendo no significativo la diferencia de medias en comparación con las líneas a excepción de la primera línea que fue significativo, mientras que los testigos obtuvieron los siguientes resultados; Blanca de Juli con 1368.55, Choclito con 2645.16, Chulpi con 1589.23 y Ayrampo con 1802.99, siendo significativo en comparación con las líneas promisorias a excepción de Choclito (Figura 41) (Tabla 43).

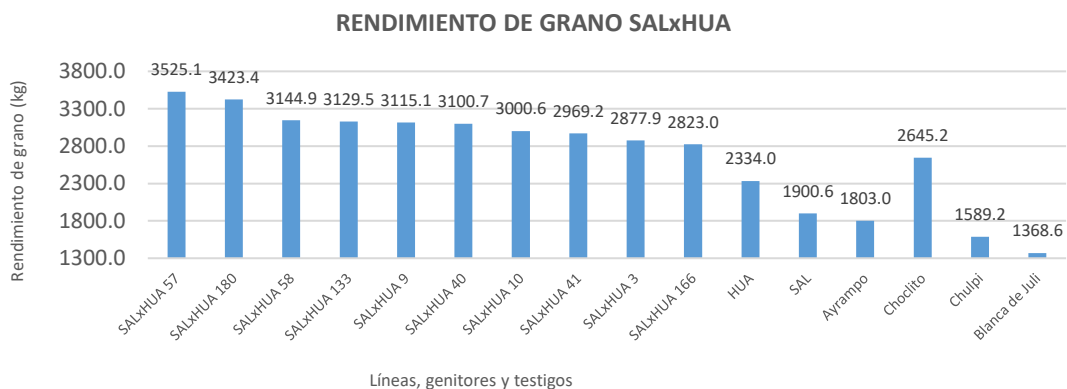


Figura 41. Comparación de rendimiento de grano/hectárea entre líneas F9 de la cruce SALxHUA, genitores y testigos.

Tabla 43. Prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento de grano/hectárea ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) de las líneas F9 de la cruza SALxHUA, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media						
SALxHUA 57	3525.13	A					
SALxHUA 180	3423.41	A	B				
SALxHUA 58	3144.90	A	B				
SALxHUA 133	3129.50	A	B				
SALxHUA 9	3115.12	A	B				
SALxHUA 40	3100.68	A	B				
SALxHUA 10	3000.60	A	B	C			
SALxHUA 41	2969.17	A	B	C			
SALxHUA 3	2877.90	A	B	C	D		
SALxHUA 166	2822.95	A	B	C	D		
Choclito	2645.16	A	B	C	D	E	
HUA	2333.97		B	C	D	E	F
SAL	1900.60			C	D	E	F
Ayrampo	1802.99				D	E	F
Chulpi	1589.23					E	F
Blanca de Juli	1368.55						F

4.1.7.3. Pasankalla x Kcancolla

En el análisis de varianza de la variable rendimiento de grano/ha para la cruza PASxKCA se muestra altamente significancia para tratamiento y bloque, en cambio fue significativo para repetición, donde la media general fue $1505.9 \text{ kg ha}^{-1}$, con un coeficiente de varianza de 14.34% (Anexo 18). Se realizó la prueba de Tukey (5%) mediante la cual se determinó las significancias entre los tratamientos, donde las líneas que obtuvieron mayor rendimiento fueron PASxKCA91 con $3401.18 \text{ kg ha}^{-1}$, PASxKCA21 con $3289.7 \text{ kg ha}^{-1}$, PASxKCA124 con $2840.04 \text{ kg ha}^{-1}$, PASxKCA157 con $2767.13 \text{ kg ha}^{-1}$, PASxKCA5 con $2654.11 \text{ kg ha}^{-1}$, PASxKCA81 con $2616.68 \text{ kg ha}^{-1}$, PASxKCA77 con $2612.52 \text{ kg ha}^{-1}$, PASxKCA144 con $2612.24 \text{ kg ha}^{-1}$, PASxKCA191 con $2600.15 \text{ kg ha}^{-1}$ y PASxKCA72 con $2574.43 \text{ kg ha}^{-1}$, siendo significativo las medias en comparación con los genitores PAS y KCA que obtuvieron 1896.47 y $1257.60 \text{ kg ha}^{-1}$, asimismo los testigos obtuvieron resultados con diferencias significativas en

comparación con las líneas promisorias y no significativas con los genitores siendo los rendimientos los siguientes; Blanca de Juli con 1254.51 kg ha⁻¹, Choclito con 1260.81 kg ha⁻¹, Chulpi con 1140.77 kg ha⁻¹ y Ayrampo con 1185.90 kg ha⁻¹ (Figura 42) (Tabla 44).

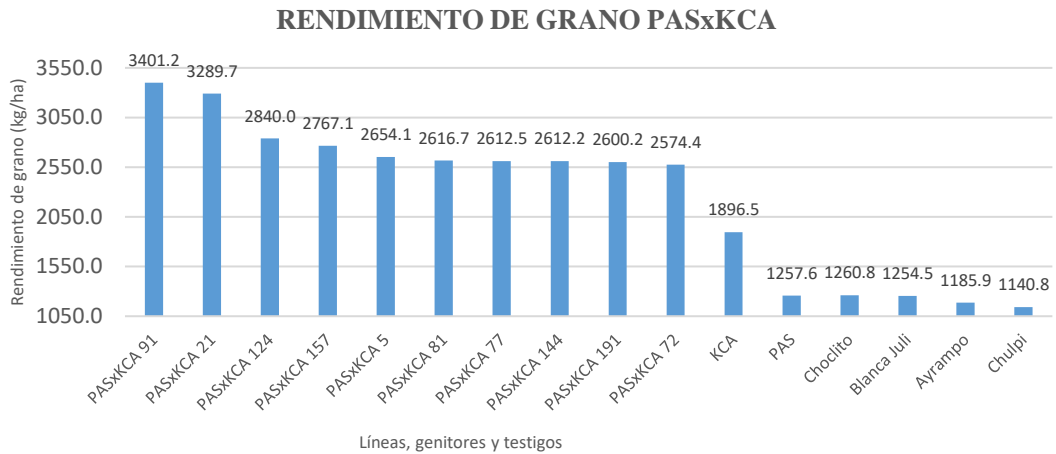


Figura 42. Comparación de rendimiento de grano/hectárea entre líneas F9 de la cruce PASxKCA, genitores y testigos.

Tabla 44. Prueba de Tukey al 5% para el variable rendimiento de grano/hectárea (kg.ha⁻¹) entre líneas F9 de la cruce PASxKCA, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media				
PASxKCA 91	3401.18	A			
PASxKCA 21	3289.7	A	B		
PASxKCA 124	2840.04	A	B	C	
PASxKCA 157	2767.13		B	C	
PASxKCA 5	2654.11			C	
PASxKCA 81	2616.68			C	
PASxKCA 77	2612.52			C	
PASxKCA 144	2612.24			C	
PASxKCA 191	2600.15			C	
PASxKCA 72	2574.43			C	
KCA	1896.47				D
Choclito	1260.81				E
PAS	1257.6				E
Blanca Juli	1254.51				E
Ayrampo	1185.9				E
Chulpi	1140.77				E

4.1.7.4. Salcedo INIA x Pandela Rosada

El análisis de varianza de la variable rendimiento para la cruce SALxPAN muestra altamente significativo para tratamiento, bloque y repetición, donde la media general de la variable fue 1838.67 kg ha⁻¹ (Anexo 19). Se realizó la prueba de Tukey (5%) donde se determinó los rangos de significancia entre las medias de los tratamientos, donde las líneas promisorias que obtuvieron mayor rendimiento fueron SALxPAN57 con 3553.08 kg ha⁻¹, SALxPAN66 con 3381.08 kg ha⁻¹, SALxPAN72 con 3040.58 kg ha⁻¹, SALxPAN43 con 3016.23 kg ha⁻¹, SALxPAN9 con 2897.06 kg ha⁻¹, SALxPAN58 con 2763.69 kg ha⁻¹, SALxPAN89 con 2647.51 kg ha⁻¹, SALxPAN194 con 2646.09 kg ha⁻¹, SALxPAN88 con 2601.36 kg ha⁻¹ y SALxPAN61 con 2583.51 kg ha⁻¹, siendo la diferencias de medias significativo en comparación con los genitores SAL y PAN que obtuvieron 1350.49 y 1665.28, asimismo las variedades (testigos) obtuvieron los siguientes resultados; Blanca de Juli con 625.42, Choclito con 1774, Chulpi con 495.92 y Ayrampo con 1007.47, haciendo significativo las diferencia de medias en comparación con las líneas y no significativos con los genitores (Figura 43) (Tabla 45).

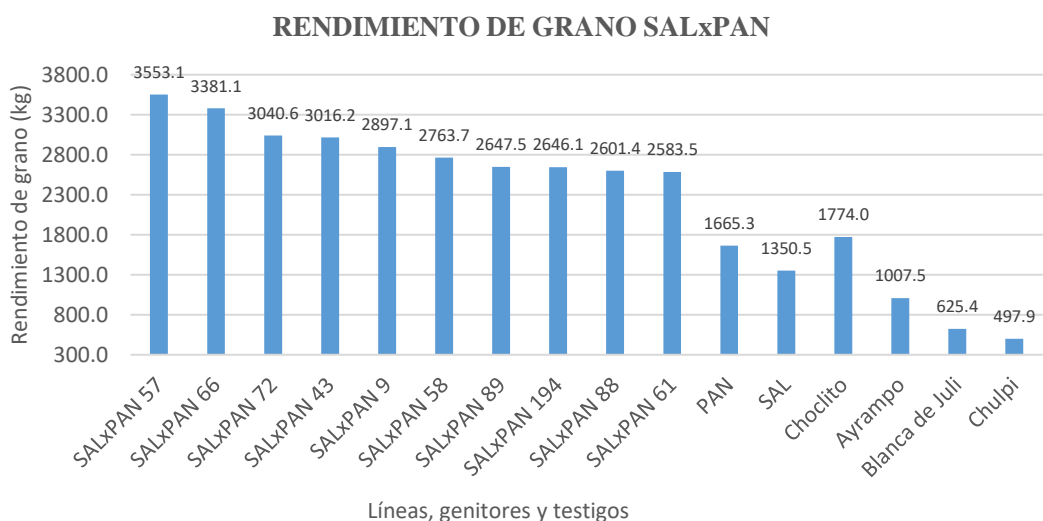


Figura 43. Comparación de rendimiento de grano/hectárea entre líneas F9 de la cruce SALxPAN, genitores y testigos.

Tabla 45. Prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento de grano/hectárea ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) entre líneas F9 de la cruza SALxPAN, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigo	Media			
SALxPAN 57	3553.08	A		
SALxPAN 66	3381.08	A		
SALxPAN 72	3040.58	A		
SALxPAN 43	3016.23	A		
SALxPAN 9	2897.06	A		
SALxPAN 58	2763.69	A	B	
SALxPAN 89	2647.51	A	B	
SALxPAN 194	2646.09	A	B	
SALxPAN 88	2601.36	A	B	
SALxPAN 61	2583.51	A	B	
Choclito	1774.00		B	C
PAN	1665.28			C
SAL	1350.49		C	D
Ayrampo	1007.47		C	D
Blanca de Juli	625.42		C	D
Chulpi	497.92			D

4.1.7.5. Negra Collana x Kcancolla

El análisis de datos de la variable rendimiento de grano/ha para la cruza COLxKCA fue altamente significativo para tratamiento, bloque y repetición, donde la media general de la variable fue 2267.28, con un coeficiente de varianza de 17.94% (Anexo 20). Se realizó la prueba Tukey (5%) mediante la cual se determinó los rangos de significancia entre los tratamientos, donde las líneas promisorias fueron las siguientes; COLxKCA187 con $4056.53 \text{ kg ha}^{-1}$, COLxKCA143 con 3681 kg ha^{-1} , 63 con $3553.81 \text{ kg ha}^{-1}$, COLxKCA131 con $3527.88 \text{ kg ha}^{-1}$, COLxKCA192 con $3410.52 \text{ kg ha}^{-1}$,

COLxKCA8 con 3379.78 kg ha⁻¹, COLxKCA196 con 3253.33 kg ha⁻¹, COLxKCA136 con 3159.27 kg ha⁻¹, COLxKCA3 con 3154.32 kg ha⁻¹ y COLxKCA114 con 3087.88 kg ha⁻¹, siendo significativo las medias en comparación con el parental KCA que obtuvo 1432.40 kg ha⁻¹, mientras que el parental COL obtuvo 2313.79 kg ha⁻¹ haciendo no significativo en comparación con las líneas promisorias a excepción de cuatro primeras líneas que fueron significativas. Asimismo las variedades considerados como testigos obtuvieron los siguientes resultados; Blanca de Juli con 1762.43 kg ha⁻¹, Choclito con 2505.02 kg ha⁻¹, Chulpi con 1698.57 kg ha⁻¹ y Ayrampo con 1730.03 kg ha⁻¹, siendo significativo en comparación con las líneas promisorias a excepción de Choclito y en comparación con los genitores fueron no significativos (Figura 44) (Tabla 46).

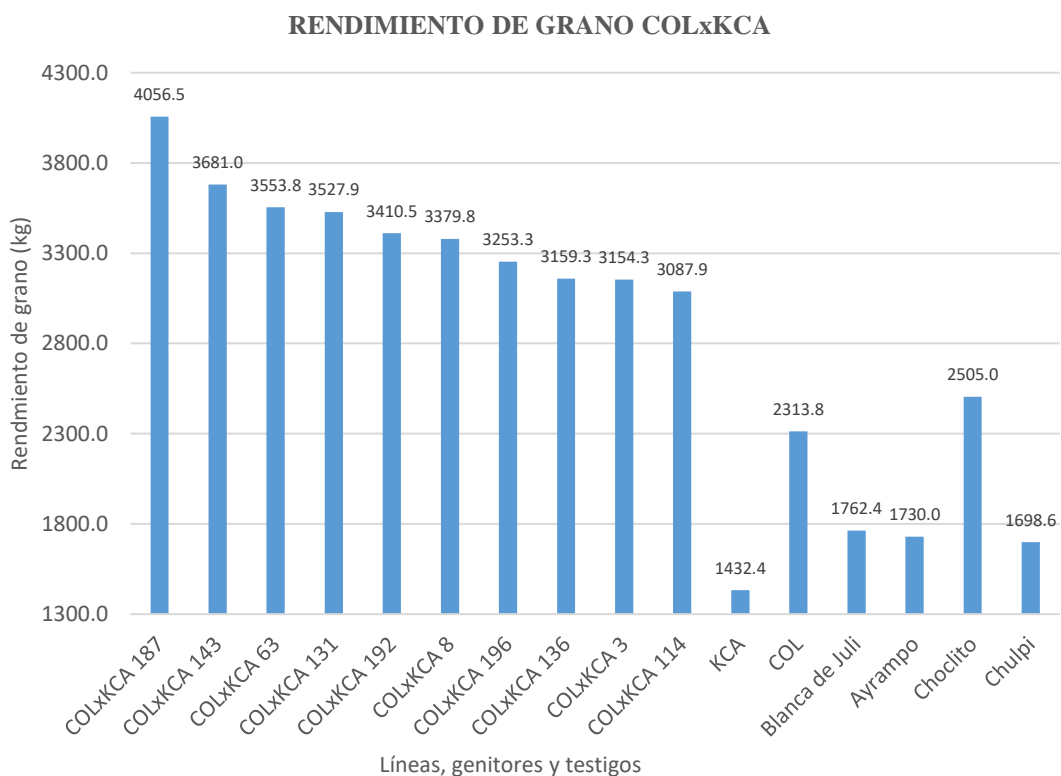


Figura 44. Comparación de rendimiento de grano/hectárea entre líneas F9 de la cruce COLxKCA, genitores y testigos.

Tabla 46. Prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento de grano/hectárea ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) entre líneas F9 de la cruza COLxKCA, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media					
COLxKCA 187	4056.53	A				
COLxKCA 143	3681.00	A				
COLxKCA 63	3553.81	A	B			
COLxKCA 131	3527.88	A	B			
COLxKCA 192	3410.52	A	B	C		
COLxKCA 8	3379.78	A	B	C		
COLxKCA 196	3253.33	A	B	C		
COLxKCA 136	3159.27	A	B	C		
COLxKCA 3	3154.32	A	B	C		
COLxKCA 114	3087.88	A	B	C		
Choclito	2505.02		B	C	D	
COL	2313.79			C	D	E
Blanca de Juli	1762.43				D	E
Ayrampo	1730.03				D	E
Chulpi	1698.57				D	E
KCA	1432.40					E

4.1.7.6. Salcedo INIA x Negra Collana

El análisis de varianza de la variable rendimiento para la cruza SALxCOL fue altamente significativo para tratamiento, bloque y repetición, donde la media general de la variable fue de 2637.7, con un coeficiente de varianza de 17.8% (Anexo 21). Se realizó la prueba de Tukey (5%) mediante la cual se determinó los rangos de significancia para los tratamientos, donde las líneas promisorias con mayor rendimiento fueron las siguientes; 37 con 4730.38, 97 con 4661.69, 174 con 4225.1, 145 con 3932.03, 135 con

3837.40, 93 con 3723.15, 52 con 3619.12, 179 con 3458.88, 10 con 3407.28 y 163 con 3394.26, siendo significativo en comparación con los genitores SAL y COL que alcanzaron rendimientos de 1523 y 2051.87 respectivamente, asimismo los testigos Chulpi con 721.62 y Ayrampo con 1914.81 resultaron significativos en comparación con las líneas promisorias y no significativos con los genitores, mientras que las variedades Blanca de Juli y Choclito obtuvieron 3165.31 y 2769.83 respectivamente, resultando no significativo con las líneas promisorias y significativo con el resto de testigos (Figura 45) (Tabla 47).

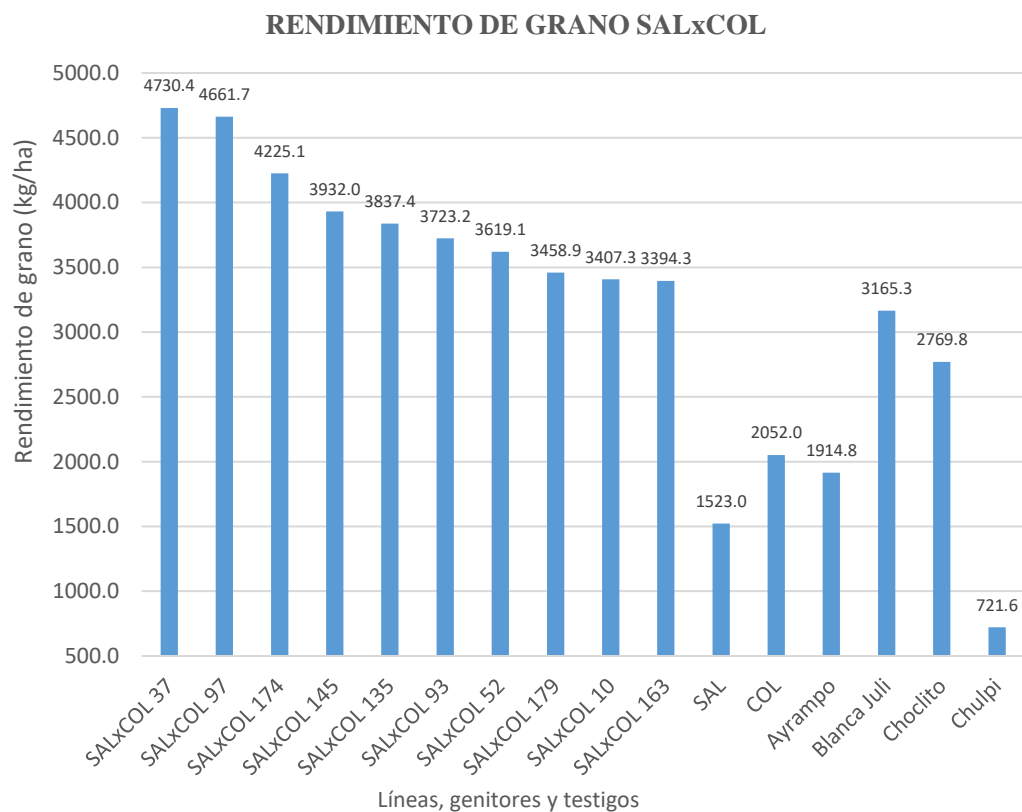


Figura 45. Comparación de rendimiento de grano/hectárea entre líneas F9 de la cruce SALxCOL, genitores y testigos.

Tabla 47. Prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento de grano/hectareá ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) entre líneas F9 de la cruzada SALxCOL, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media					
SALxCOL 37	4730.38	A				
SALxCOL 97	4661.69	A	B			
SALxCOL 174	4225.10	A	B	C		
SALxCOL 145	3932.03	A	B	C	D	
SALxCOL 135	3837.40	A	B	C	D	
SALxCOL 93	3723.15	A	B	C	D	
SALxCOL 52	3619.12	A	B	C	D	
SALxCOL 179	3458.88			B	C	D
SALxCOL 10	3407.28			B	C	D
SALxCOL 163	3394.26			B	C	D
Blanca Juli	3165.31			C	D	E
Choclito	2769.83			D	E	F
COL	2051.97			E	F	
Ayrampo	1914.81			E	F	G
SAL	1523.00			F	G	
Chulpi	721.62					G

Apaza (2017) en su investigación con los mismos materiales genéticos y en similares condiciones ambientales, a los 3825msnm en Puno, Perú, indica que el rendimiento. ha^{-1} promedio de las cruzas Huariponcho x Kcancolla, Salcedo INIA x Huariponcho, Pasankalla x Kcancolla, Salcedo INIA x Pandela Rosado, Negra Collana x Kcancolla y Salcedo INIA x Negra Collana fueron 4128.90, 4266.6, 4060.20, 3529.2, 2545.80, 3319.205 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, siendo estos resultados similares a los obtenidos en la presente investigación. Además indica que la estructura y constitución de la planta son de importancia, ya que son características que se traducirán directamente en un buen o mal rendimiento e indica que una planta bien constituida será menos propensa al ataque de factores bióticos como insectos, enfermedades, pájaros, etc. y a factores abióticos como



viento, heladas y demás condiciones adversas que puedan provocar un acame en las plantas.

Según Bonifacio *et al.* (2013), señalan que el rendimiento es el resultado de las componentes de tipo genético, ambiental y la interacción genético-ambiental, donde la parte genética, que es heredable, es importante desde el punto de vista del mejoramiento genético de plantas.

El rendimiento de quinua varía por el efecto genotipo y el ambiente, destacándose la importancia de seleccionar genotipos de mayor rendimiento bajo condiciones adversas (Garrido *et al.*, 2013).

Chungara (2000), en su investigación en el Altiplano Central, determinó que la precocidad es un carácter que se asocia negativamente con la altura de la planta y el rendimiento, lo que significa que mientras más precoz sea, más pequeña será la planta y de menor rendimiento.

La variación de rendimiento de grano en los genotipos se debe a los factores como temperatura, altitud, tipo de suelo, humedad, etc. donde las localidades a mayor altitud experimentaron temperaturas bajas dentro del rango de 10 a 25°C, proporcionando condiciones adecuadas para el cultivo de quinua, mientras que las localidad que presentaron temperaturas altas promedio por encima de 25°C indujeron al aborto de las flores, que en consecuencia reduce los rendimientos de grano de quinua (Maliro y Njala, 2019). En la presente investigación se presentaron temperaturas no mayores a los 22°C, evitando el aborto de las flores, pero el descenso de las temperaturas durante el mes de abril afectó negativamente en el rendimiento de las progenies tardías.

4.2. EVALUAR EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO ENTRE CRUZAS SIMPLES GENÉTICAMENTE DISTANTES Y CERCANAS, GENITORES Y TESTIGOS.

4.2.1. Días de floración

Mediante el análisis de varianza para la variable días de floración, se observa diferencias significativas entre repeticiones y no significativas entre tratamientos, el promedio general fue de 90 días, con un coeficiente de varianza de 2.62%. Mediante la prueba de Tukey ($p < 0.05$), muestra solo un rango de significancia, donde se observa que las cruzas SAL X COL, HUA X KCA y COLXKCA, presentaron menor días en floración con 86, 87 y 89 días respectivamente, mientras que las cruzas que presentaron mayor días en floración fueron PASxKCA, SALxHUA y SALxPAN con 95, 92, 91 días respectivamente, asimismo los genitores obtuvieron resultados similares que las cruzas obteniendo los siguientes resultados; HUA con 88 días, PAN con 89, SAL con 91 días, COL con 91 días, KCA con 91 días, PAS con 93 días y los genitores obtuvieron los siguientes resultados; Ayrampo con 90 días, Choclito con 90 días, Blanca de Juli con 91 días y Chulpi con 93 días (Figura 46) (Tabla 48).

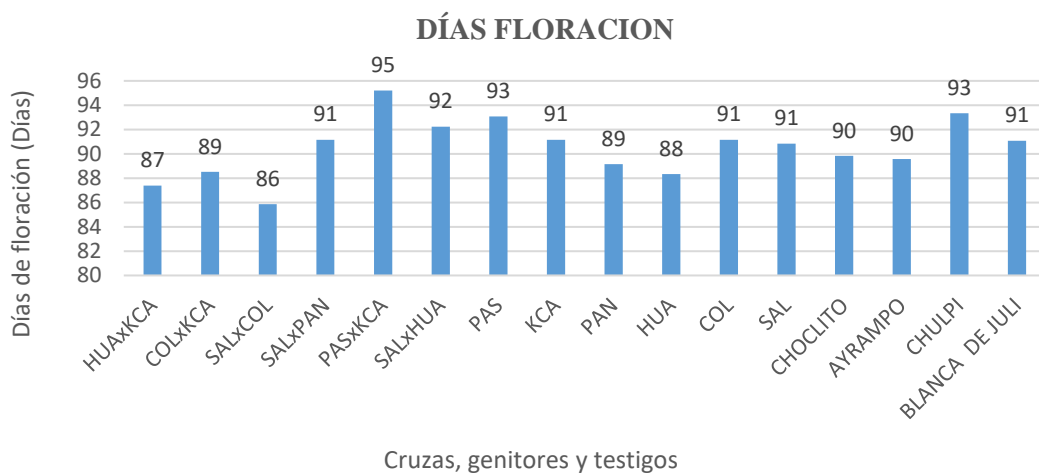


Figura 46. Comparación de días de floración entre cruzas simples, genitores y testigos.

Tabla 48. Prueba de Tukey al 5% para la variable días de floración (días) entre cruzas, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media	
PASxKCA	95	A
CHULPI	93	A
PAS	93	A
SALxHUA	92	A
KCA	91	A
COL	91	A
SALxPAN	91	A
BLANCA_JULI	91	A
SAL	91	A
CHOCLITO	90	A
AYRAMPO	90	A
PAN	89	A
COLxKCA	88	A
HUA	88	A
HUAxKCA	87	A
SALxCOL	86	A

Rojas (2003) menciona en su investigación que los rangos de días de floración al 50% en quinua son de 60 a 145 días, donde el promedio es de 93.50 días y también señala que la floración es fuertemente dependiente del genotipo.

Flores (2017) en su trabajo de investigación, usando el mismo material genético en el Centro de Investigación y Producción Camacani en Puno, menciona que los días a la floración de las seis cruzas fueron; Negra Collana x Kcancolla con 83.55 días, Huariponcho con Kcancolla con 83.53 días, Salcedo INIA x Negra Collana con 85.59 días, Salcedo INIA x Huariponcho con 90.49 días, Salcedo INIA x Pandela Rosada con 91.01 días y Pasankalla x Kcancolla 95.45 días, siendo los resultados obtenidos similares que en la presente investigación.

4.2.2. Altura de planta

El análisis de varianza de la variable altura de planta demuestra la significancia para las repeticiones y la no significancia para los tratamientos, donde la media general para la variable fue de 110.6cm, con un coeficiente de varianza de 7.29%. Mediante la prueba de Tukey (5%), se obtuvo un rango de significancia haciendo que las medias no tengan diferencias significativas, donde las cruzas que alcanzaron mayor altura fueron SALxPAN con 116.87 cm seguido de PASxKCA con 112.27 cm, mientras los que alcanzaron menor altura fueron HUAxKCA con 105.91, COLxKCA con 102.67 cm, SALxCOL con 101.46cm y la que se encontró en el intermedio fue la crusa SALxHUA con 110.21cm de altura de planta. Los genitores que alcanzaron mayor altura de planta fueron PAN con 120.67cm, COL con 118.05cm, SAL con 117.55cm, mientras los que obtuvieron una altura de planta intermedio fueron HUA con 110.75cm, KCA con 110.25cm y el parental que alcanzó menor altura fue PAS con 106.28cm, superando las primeras variedades a las cruzas, mientras que los testigos obtuvieron los siguientes resultados; Ayrampo con 115.73cm, Chulpi con 114.31cm, Choclito con 104.26cm y Blanca de Juli con 102.32cm de altura, siendo las dos primeras variedades de mayor altura (Figura 47) (Tabla 49).

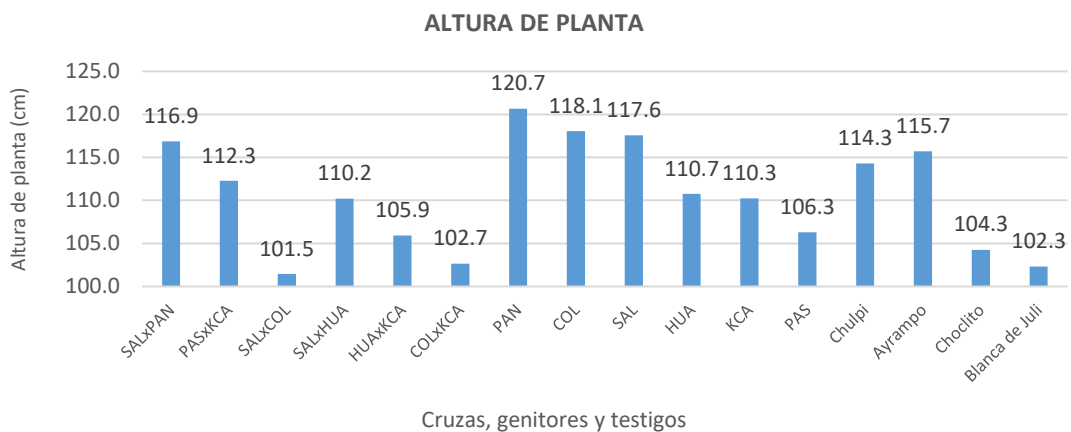


Figura 47. Comparación de la variable altura de planta entre cruzas, genitores y testigos.

Tabla 49. Prueba de Tukey al 5% para la variable altura de planta (cm) entre cruizas, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media	
PAN	120.67	A
COL	118.05	A
SAL	117.55	A
SALxPAN	116.87	A
AYRAMPO	115.73	A
CHULPI	114.31	A
PASxKCA	112.27	A
HUA	110.75	A
KCA	110.25	A
SALxHUA	110.21	A
PAS	106.28	A
HUAxKCA	105.91	A
CHOCLITO	104.26	A
COLxKCA	102.67	A
BLANCA_JULI	102.32	A
SALxCOL	101.46	A

García *et al.* (2007) señalan en su investigación que en los genotipos de porte alto, no necesariamente las panojas serán grandes y viceversa, sino depende del material de quinua y las características genéticas que posee, se pueden encontrar plantas de porte bajo, pero el tamaño de panoja puede ser igual o superior al de una planta de porte alto.

Rojas (2003) en su investigación sobre diversidad genética en germoplasma de Bolivia, señala que la altura de la planta posee un rango de variación de 54 a 174.2 cm, con un promedio de 110.84 cm de altura de planta. Asimismo señala que existe correlación positiva entre la madurez fisiológica, altura de planta y diámetro de tallo y concluye que las plantas tienden a ser más altas y sus tallos más gruesos cuanto más largo sea el ciclo fenológico.

4.2.3. Longitud de panoja

El análisis de varianza de la variable longitud de panoja muestra la significancia entre tratamientos y la no significancia entre repeticiones, donde la media general de la variable fue de 33.34cm, teniendo como coeficiente de varianza 7.86%. Mediante la prueba de Tukey al 5% se obtuvo dos rangos de significancia, donde las cruzas que obtuvieron la mayor longitud de panoja fueron SALxHUA con 38.93cm, seguido de HUAxKCA con 37.81cm, mientras que la crusa COLxKCA fue intermedio con 33.68 y las cruzas PASxKCA, SALxCOL y SALxPAN obtuvieron menor longitud de panoja con 31.08, 31.74 y 32.39cm. En caso de los genitores, las variedades que obtuvieron mayor longitud de panoja fueron COL con 38.8cm, HUA con 37.61cm y KCA con 34.75cm, mientras los que se encontraron en intermedio fueron PAN con 33.92cm y SAL con 33.34cm y la variedad con menor longitud de panoja fue PAS con 26.62cm. Los testigos que alcanzaron mayor longitud de panoja fue Choclitto con 38.51cm y la que tuvo menor fue Chulpi con 30.24cm (Figura 48) (Tabla 50).

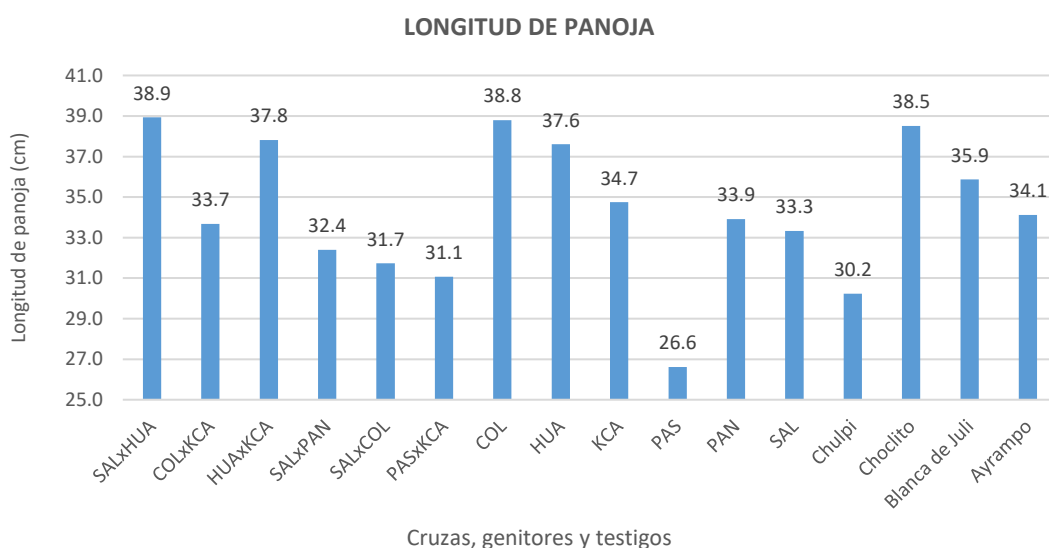


Figura 48. Comparación de la variable longitud de panoja entre cruzas, genitores y testigos

Tabla 50. Prueba de Tukey al 5% para la variable longitud de panoja (cm) entre cruizas, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media		
SALxHUA	38.93	A	
COL	38.80	A	
CHOCLITO	38.51	A	
HUAxKCA	37.81	A	
HUA	37.61	A	
BLANCA_JULI	35.87	A	B
KCA	34.75	A	B
AYRAMPO	34.12	A	B
PAN	33.92	A	B
COLxKCA	33.68	A	B
SAL	33.34	A	B
SALxPAN	32.39	A	B
SALxCOL	31.74	A	B
PASxKCA	31.08	A	B
CHULPI	30.24	A	B
PAS	26.62		B

Guerrero, Vallejo y Betancourth (2008) afirman que la longitud de panoja es muy variable, encontrándose longitudes desde los 15cm hasta los 70cm, siendo la panoja de alta variabilidad, según el genotipo, también indica que existe correlación alta entre altura de plantas y longitud de panoja y establece que entre mayor altura tenga la planta mayor es la longitud de panoja, siendo discrepando por García, Barco y Rosas (2007), quienes señalan que en los genotipos de porte alto, no necesariamente las panojas son grandes y viceversa, sino depende del material de quinua y las características genéticas que posee, se pueden encontrar plantas de porte bajo, pero el tamaño de panoja puede ser igual o superior al de una planta de porte alto.

4.2.4. Diámetro de panoja

El análisis de varianza del variable diámetro de panoja, muestra altamente significativo para las repeticiones y significativo para los tratamientos, donde la media general de la variable fue de 4.7cm, con coeficiente de varianza de 7.39%. Mediante la prueba de Tukey al 5% se obtuvo tres rangos de significancia, donde la cruza de mayor diámetro fue SALxCOL con 5.85cm, mientras las cruzas SALxHUA con 4.71cm, HUAxKCA con 4.56cm, se encontraron en intermedio y las cruzas que alcanzaron menor diámetro fueron las siguientes; PASxKCA con 4.09cm, COLxKCA con 4.22cm y SALxPAN con 4.53cm. Los genitores que alcanzaron mayor diámetro fueron PAS con 5.43cm, seguido de PAN con 5.27cm, mientras las intermedias fueron SAL con 4.85, COL con 4.55cm, KCA con 4.51cm y el parental que obtuvo menor tamaño fue HUA con 4.37cm. Los testigos obtuvieron los siguientes resultados; Choclito con 5.25cm, Chulpi con 4.88cm, Blanca de Juli con 4.58cm y Ayrampo con 3.65cm, siendo la ultimo de menor diámetro (Figura 49) (Tabla 51).

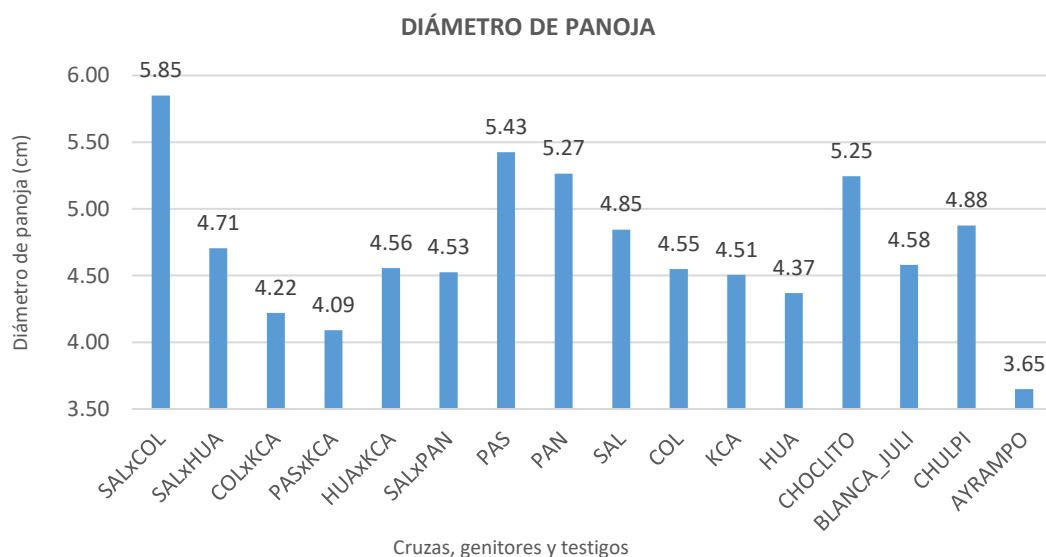


Figura 49. Comparación de la variable diámetro de panoja entre cruzas, genitores y testigos.

Tabla 51. Prueba de Tukey al 5% para la variable altura de planta (cm) entre cruizas, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media			
SALxCOL	5.85	A		
PAS	5.43	A		
PAN	5.27	A	B	
CHOCLITO	5.25	A	B	
CHULPI	4.88	A	B	C
SAL	4.85	A	B	C
SALxHUA	4.71	A	B	C
BLANCA_JULI	4.58	A	B	C
HUAxKCA	4.56	A	B	C
COL	4.55	A	B	C
SALxPAN	4.53	A	B	C
KCA	4.51	A	B	C
HUA	4.37		B	C
COLxKCA	4.22		B	C
PASxKCA	4.09			C
AYRAMPO	3.65			C

Rojas (2003) en su investigación de Análisis multivariado de diversidad genética del germoplasma de quinua en La Paz, Bolivia, menciona que las accesiones con mayor altura y diámetro de planta durante las primeras fases fenológicas desarrollan panículas más grandes.

Jacobsen (2007), señala que características agronómicas como precocidad, uniformidad, tamaño de planta, madurez uniforme, tipo de panoja, tallos resistentes al vuelco y resistencia a enfermedades vienen dadas desde la genética misma de la planta, esto sumado a una buena nutrición dará como resultado un cultivo con mejor vigor y rendimiento.

4.2.5. Madurez fisiológica

En análisis de varianza para la variable días de madurez fisiológica muestra alta significancia para repeticiones y tratamientos, donde la media general para esta variable fue de 169 días, con coeficiente de varianza de 1.38%. Mediante la prueba de Tukey al 5% se observó cuatro rangos de significancia, donde las cruzas HUAxKCA, SALxHUA, COLxKCA y SALxCOL fueron precoces con 160, 165, 166 y 167 días respectivamente, mientras que las cruzas tardías fueron; SALxPAN con 177 días y PASxKCA con 176 días, mientras que los genitores de las cruzas obtuvieron los siguientes resultados; HUA con 165 días, KCA con 170 días, COL con 170 días, PAS con 171 días, SAL con 172 días, PAN con 171.8 días, siendo la primera variedad la más precoz, seguido de KCA, en caso de los testigos el precoz fue Choclito con 165 días, seguido de Ayrampo con 168 días, Blanca de Juli con 171 y Chulpi con 171 que obtuvieron resultados intermedios como se puede ver en (Figura 50) (Tabla 52).

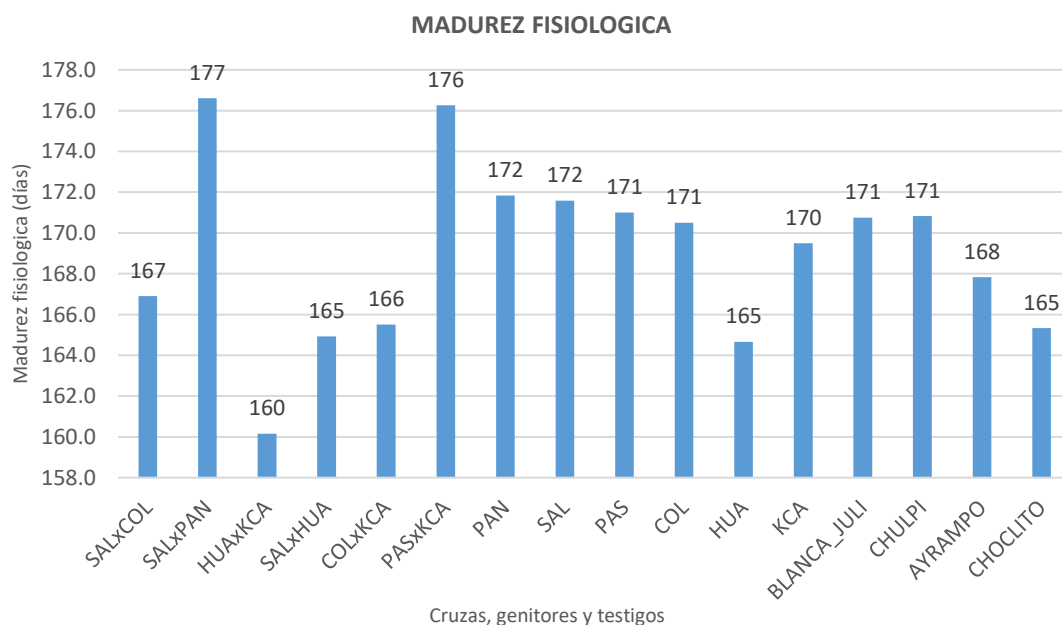


Figura 50. Comparación de días de madurez fisiológica entre las cruzas, genitores y testigos.

Tabla 52. Prueba de Tukey al 5% para la variable días de floración (días) entre cruzas, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media				
SALxPAN	177	A			
PASxKCA	176	A	B		
PAN	172	A	B	C	
SAL	172	A	B	C	
PAS	171	A	B	C	
CHULPI	171	A	B	C	
BLANCA_JULI	171	A	B	C	
COL	171	A	B	C	
KCA	170	A	B	C	D
AYRAMPO	168	A	B	C	D
SALxCOL	167		B	C	D
COLxKCA	166			C	D
CHOCLITO	165			C	D
SALxHUA	165			C	D
HUA	165			C	D
HUAxKCA	160				D

Asimismo, Apaza (2017) en la investigación realizado en Centro de Investigación y Producción Camacani en Puno, utilizando el mismo material genético evaluó seis cruzas simples HUAxKCA, SALxHUA, PASxKCA, SALxPAN, COLxKCA y SALxCOL, los cuales alcanzaron a madurar fisiológicamente a los 183.01, 190.26, 194.75, 189.82, 181.54 y 184.79 días respectivamente, resultado similar se obtuvo en la presente investigación donde las cruzas HUAxKCA, COLxKCA y SALxCOL fueron precoces en comparación con las demás cruzas.

De acuerdo a Bonifacio (2019), los genotipos de quinua en el contexto de variabilidad y el cambio climático en los andes se debe considerar las características de precocidad, resistencia a la sequía y tolerancia a las heladas y el granizo, e indica que el ciclo productivo de las variedades precoces de quinua está en un rango de 140 a 160 días, mientras que el ciclo tardío es de 190 días, y menciona que las variedades de ciclo tardío



no son adecuadas para los efectos del cambio climático y recomienda que para obtener progenies precoces se deben tomar como progenitores a las actuales variedades de ciclo de crecimiento corto para favorecer la segregación en la F2 y permite acumular genes favorables para una precocidad superior. Además Rojas y Pinto (2013), evaluaron accesiones de quinua que alcanzaron la madurez fisiológica en 110 días hasta accesiones que maduraron en 209 días e indica que estas características es dependiente del genotipo y medio ambiente, debido que el amplio rango de variación del ciclo vegetativo es alentador para la adaptación del cultivo a la variabilidad del clima y cambio climático. En el presente investigación se observó a la crusa Huariponcho x Kcancolla alcanzando la madurez fisiológica a los 160 días, considerándose precoz, según el rango de precocidad mencionado.

4.2.6. Rendimiento grano/planta

El análisis de varianza de la variable rendimiento de grano/planta muestra no significativo para repetición y altamente significativo para tratamiento, donde la media general fue de 20.65 g, con un coeficiente de varianza de 10.81% (Anexo 59). Se realizó la prueba de Tukey (5%) mediante el cual se determinó los rangos de significancia de los tratamientos, donde las cruza que obtuvieron mayor rendimiento fueron SALxCOL con 30.22g, seguido de SALxPAN con 28.18 g, mientras que la cruza COLxKCA obtuvo un rendimiento intermedio con 20.4g y las cruza PASxKCA, SALxHUA y HUAxKCA obtuvieron rendimiento de 19.89, 18.87 y 18.11g respectivamente resultando inferior que el promedio general. Asimismo los genitores que resultaron con mayor rendimiento fueron HUA con 24.78 g, PAN con 22.19 g y PAS con 21.55, mientras que el parental SAL con 20.82g fue intermedio y los genitores KCA con 19.76g y COL con 18.33g fueron menor. Además las variedades (testigos) Choclito, Blanca de Juli, Chulpi y Ayrampo obtuvieron 21.47, 20.33, 13.04 y 12.52g respectivamente, siendo las dos

últimas variedades con menor rendimiento por planta en el experimento (Figura 51) (Tabla 53).

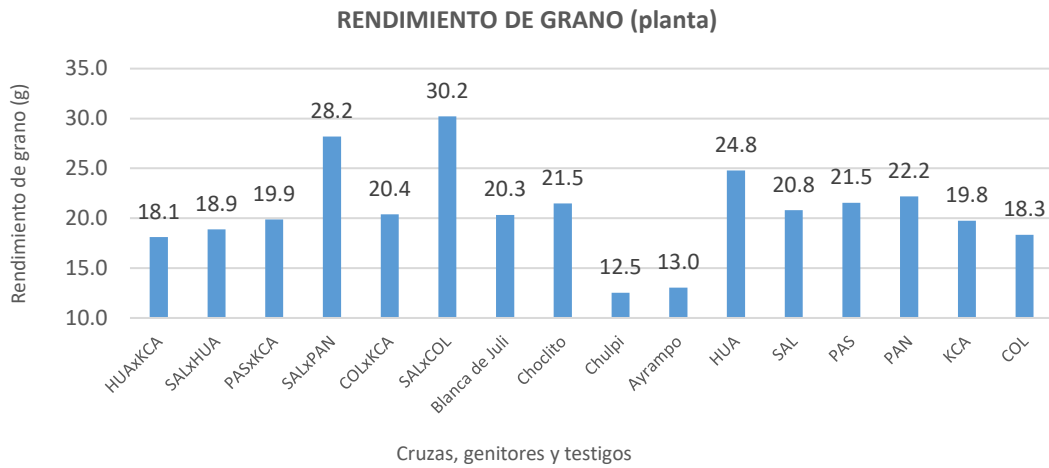


Figura 51. Comparación de la variable rendimiento de grano/planta entre cruzas, genitores y testigos.

Tabla 53. Prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento de grano/planta (g.planta^{-1}) entre cruzas, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media				
COLxKCA	30.22	A			
SAXPAN	28.18	A	B		
HUA	24.78	A	B	C	
PAN	22.19	A	B	C	
PAS	21.55	A	B	C	D
CHOCLITO	21.47	A	B	C	D
SAL	20.82		B	C	D
COLxKCA	20.40		B	C	D
BLANCA DE JULI	20.33		B	C	D
PASxKCA	19.89		B	C	D
KCA	19.76		B	C	D
SALxHUA	18.87			C	D
COL	18.33			C	D
HUAxKCA	18.11			C	D
AYRAMPO	13.04				D
CHULPI	12.52				D



Apaza (2017) en la investigación con el mismo material genético en Puno, en similares condiciones ambientales, afirma que las cruzas simples genéticamente Huariponcho x Kcancolla, Salcedo INIA x Huariponcho, Pasankalla x Kcancolla, Salcedo INIA x Pandela Rosada, Negra Collana x Kcancolla y Salcedo INIA x Negra Collana, obtuvieron rendimientos de plantas de 13.4, 14.2, 13.52, 11.75, 8.47 y 11.05 g. respectivamente. El rendimiento de quinua varía por el efecto genotipo y el ambiente (Garrido *et al.*, 2013).

4.2.7. Rendimiento de grano/hectárea

Mediante el análisis de varianza para la variable rendimiento/ha, se observó altamente significativo para tratamiento y significativo para repetición, donde la media general de la variable fue 2129.3kg ha⁻¹, con un coeficiente de varianza de 11.21% (Anexo 58). Se realizó la prueba de Tukey (5%) mediante el cual se determinó los rangos de significancia de las medias de los tratamientos, donde las cruzas que obtuvieron mayor rendimientos fueron; SALxCOL con 3014.2, seguido de HUAxKCA con 2838.6, COLxKCA con 2677.6, SALxHUA con 2527 y SALxPAN con 2245.6, mientras que la cruz PASxKCA obtuvo 1842.8 siendo menor que el promedio del rendimiento general. En caso de los genitores, las variedades HUA y KCA obtuvieron mayor rendimiento con 2516.4 y 2242.1 respectivamente, mientras que los demás obtuvieron SAL con 1963.9, COL con 1912.5, PAN con 1772 y PAS con 1719, siendo de menor rendimiento, asimismo las variedades (testigos) obtuvieron los siguientes resultados; Choclito con 2202.1, Blanca de Juli con 1846.7, Ayrampo con 1567.5 y Chulpi con 1180.8, siendo la primera con mayor rendimiento (Figura 52) (Tabla 54).

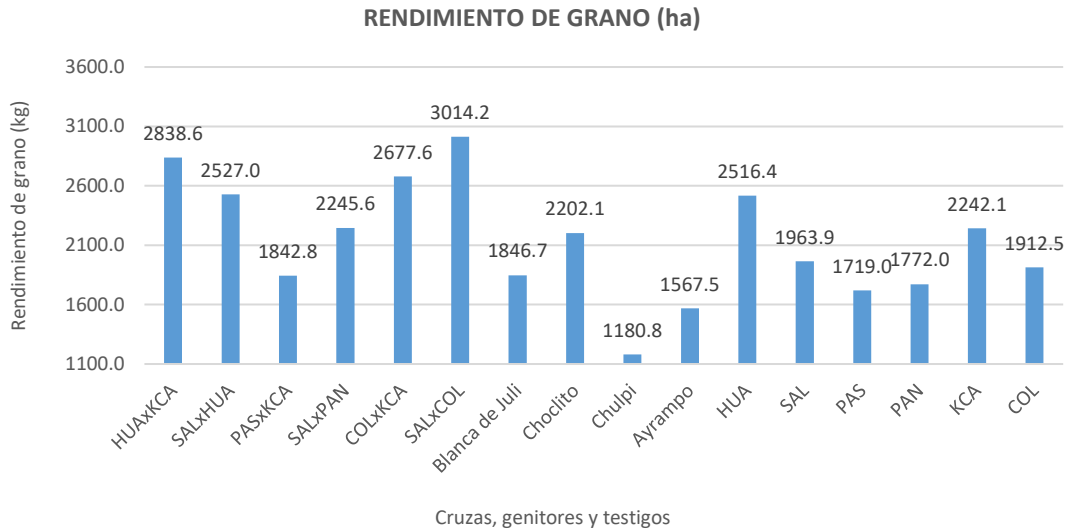


Figura 52. Comparación de la variable rendimiento de grano entre cruzas, genitores y testigos.

Tabla 54. Prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento de grano ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) entre cruzas, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media					
SALxCOL	3014.20	A				
HUAxKCA	2838.60	A	B			
COLxKCA	2677.60	A	B	C		
SALxHUA	2527.00	A	B	C	D	
HUA	2516.40	A	B	C	D	
PAN	2245.60	A	B	C	D	
KCA	2242.10	A	B	C	D	
CHOCLITO	2202.10	A	B	C	D	
SAL	1963.90		B	C	D	E
COL	1912.50		B	C	D	E
BLANCA DE JULI	1846.70			C	D	E
PASxKCA	1842.80			C	D	E
SALxPAN	1772.00			C	D	E
PAS	1719.00			C	D	E
AYRAMPO	1567.50				D	E
CHULPI	1180.80					E



La quinua ha sido probada en diferentes condiciones climáticas con un rendimiento variado según el tiempo de siembra. Considerando que el tiempo de siembra tiene un gran efecto sobre el rendimiento de la quinua (Isobe *et al.*, 2016).

El rendimiento de quinua varía por el efecto genotipo y el ambiente, destacándose la importancia de seleccionar genotipos de mayor rendimiento bajo condiciones adversas (Garrido *et al.*, 2013).

Carrasco (2016) en su investigación sobre la influencia del cambio climático, menciona que las estimaciones econométricas muestran que las variables climáticas si influyen en la producción y en el rendimiento de quinua, estos explican más del 60 y 35% respectivamente y no son las únicas variables que intervienen en la producción, existe otras variables como el suelo, la tecnología y otros. El factor que más influye en el rendimiento es la variable temperatura.

4.2.8. Vigor de planta

El vigor de la planta se evaluó en tres escalas; alto, medio y bajo, donde las cruzas que obtuvieron mejor vigor de planta fueron; HUAxKCA con alto (84%) y Regular (16%), seguido de la crusa SALxCOL con vigor alto (72%) y vigor medio (28%) y las cruzas SALxPAN con vigor alto (70%), vigor medio (28%) y vigor bajo (2%), COLxKCA con vigor alto (61%), vigor medio (35%) y vigor bajo (4%) y la crusa SALxKCA con vigor alto (54%), vigor medio (39%) y vigor bajo (%) fueron intermedias, mientras que la crusa con menor vigor fue PASxKCA con un 30% de vigor bajo, regular con 33% y vigor alto con 37%, Los genitores del mismo modo obtuvieron vigos variados, siendo la variedad HUA con mayor porcentaje de vigor en las escalas Vigor alto (58%) y Regular (42%), seguido las demás variedades el punto intermedio compuesto por las siguientes variedades; COL con Vigor alto(78%), Vigor medio (8%) y Vigor bajo



(14%), KCA con Vigor alto (67%), Vigor medio (25%) y Vigor bajo (8%), PAN con Vigor alto (67%), Vigor medio (28%) y Vigor bajo (6%), PAS con Vigor alto (33%), Vigor medio (58%) y Vigor bajo (8%), y SAL con Vigor alto (75%), Vigor medio (17%) y Vigor bajo (8%), fueron variedades donde la escala Vigor bajo se presentó en menor porcentaje, mientras que la escala Vigor alto fue de mayor porcentaje, asimismo las variedades considerados como testigos obtuvieron vigores variados obteniendo los siguientes resultados; Choclito con Vigor alto (75%), Vigor medio (22%) y Vigor bajo (3%), Chulpi con Vigor alto (42%), Vigor medio (50%) y Vigor bajo (%), Blanca de Juli con Vigor alto (42%), Vigor medio (50%) y Vigor bajo (%) y la variedad Ayrampo con Vigor alto (58%), Vigor medio (25%) y Vigor bajo (17%), resaltando el vigor alto en Choclito tal como se aprecia en la (Figura 53).

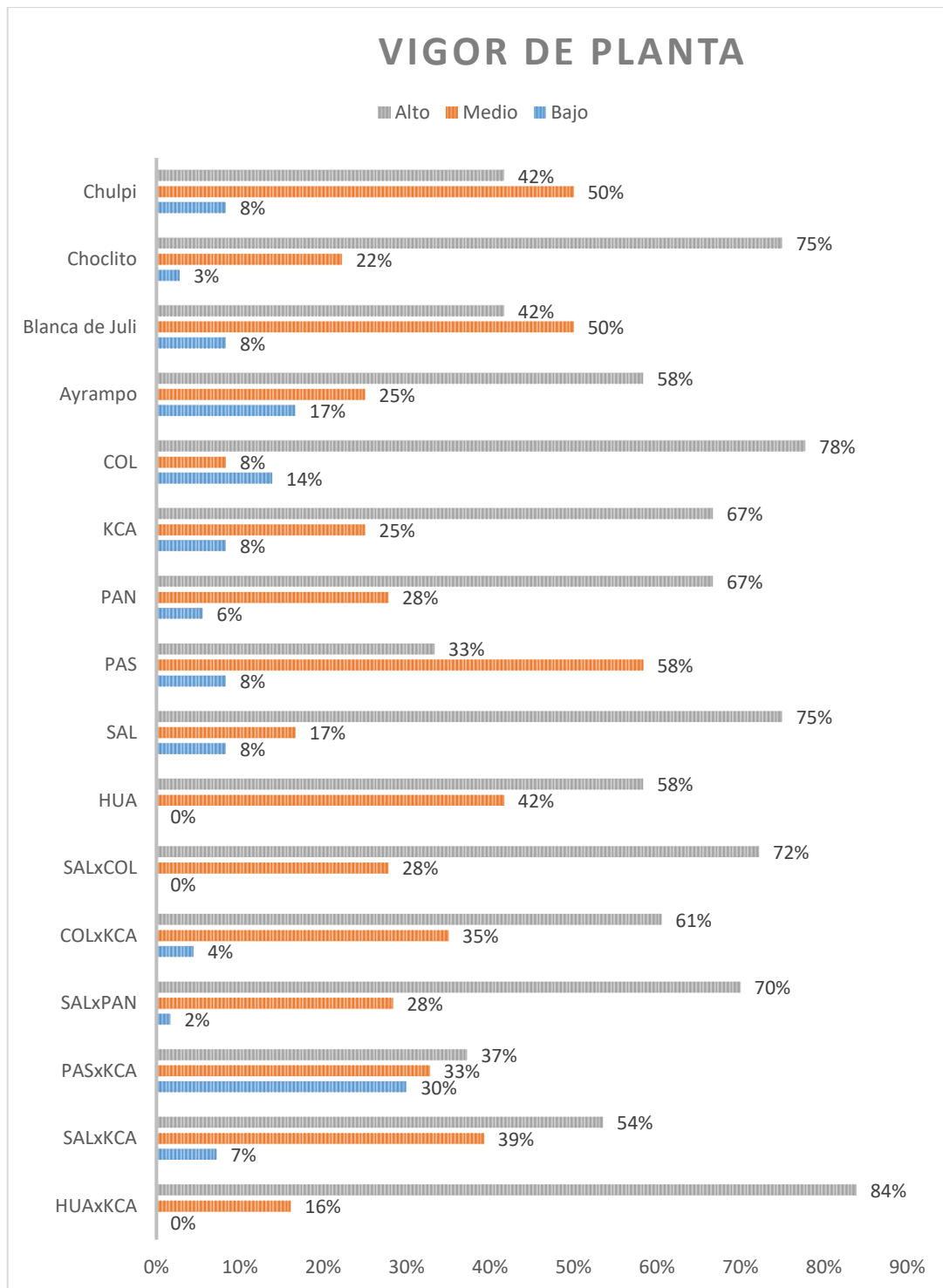


Figura 53. Evaluación del vigor de planta entre cruza simples, genitores y testigos.

Spehar y Rocha (2009) indican que la quinua tiene la extraordinaria capacidad para compensar las plantas faltantes, mediante un mayor vigor y ramificación, aunque el número de días hasta la madurez fisiológicas tienden a aumentar.

4.2.9. Color de grano

Los colores de quinua variaron entre líneas y cruzas, siendo de mayor porcentaje la diferencia de colores entre cruzas, donde la craza HUAxKCA fue predominado por el color “Amarillo” con 86%, seguido del color “Crema” con 8.6%, “Amarillo dorado” con 2.2% y “Gris” con 3.23%, la craza SALxHUA fue predominado por el color “Crema” con un 64.6%, seguido de los colores “Amarillo” con 33.3% y “Amarillo dorado” con 2.1%, en la craza PASxKCA, el color “Gris” predomino con 98.91%, “Crema” con 2.09% y finalmente en la craza SALxHUA el color que domino fue “Crema” con un 100%. Se puede observar la influencia de los colores por los genitores en las seis cruzas (Figura 54).

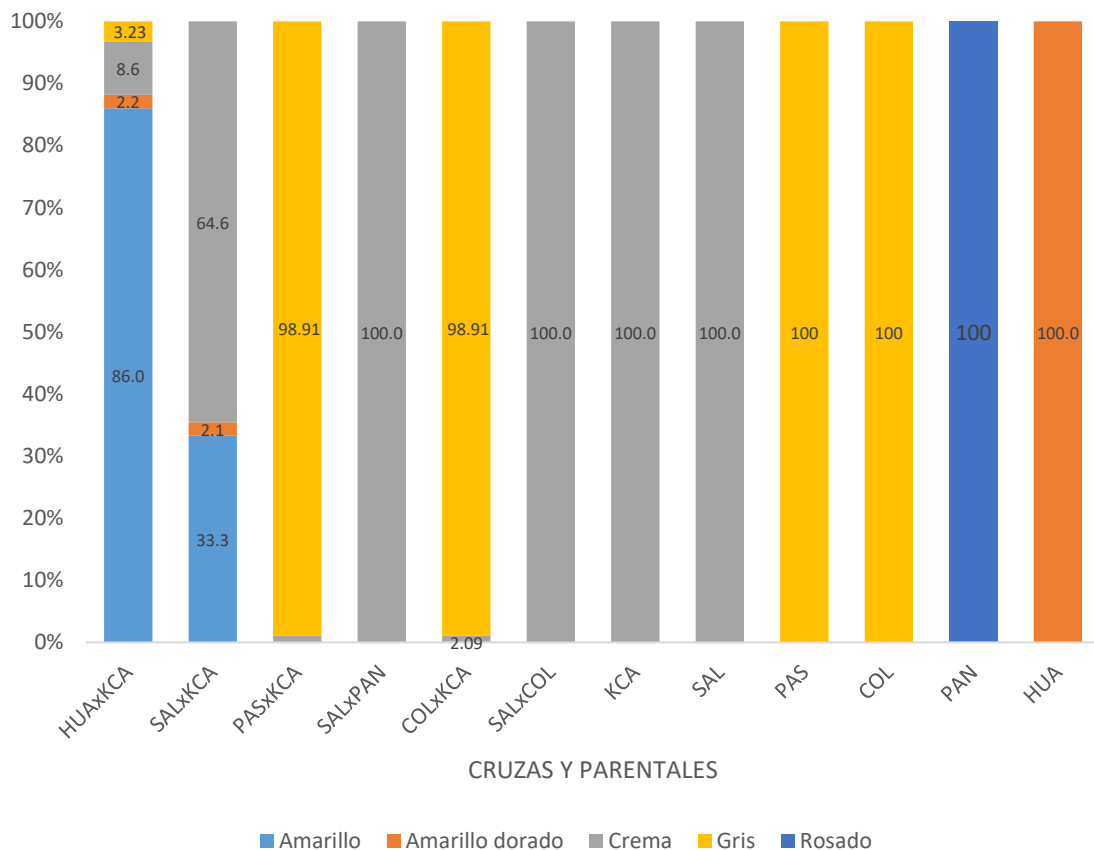


Figura 54. Evaluación de color de grano entre cruzas y sus genitores.



Los granos de quinua cuando alcanzan la madurez fisiológica expresan una amplia diversidad de colores, entre ellos; blanco, crema, amarillo, anaranjado, rosado, rojo, púrpura, café claro, café oscuro y negro (Rojas y Pinto, 2013).

4.2.10. Índice de cosecha

El análisis de varianza de la variable índice de cosecha se observa significativo para los tratamientos y repeticiones, donde la media general de la variable fue de 31.89%, con coeficiente de varianza de 11.38% (Anexo 60). Se realizó la prueba de Tukey donde se determinó dos rangos de significancias de los tratamientos, donde las cruas obtuvieron mayor índice de cosecha con los siguientes índices; HUAxKCA con 48.13%, SALxHUA con 35.33%, PASxKCA con 34.15%, SALxPAN con 33.90%, COLxKCA con 36.68% y SALxCOL con 35.78, siendo significativo en el primer rango de significancia en comparación con los testigos a excepción de Choclito. Los genitores obtuvieron índice de cosecha inferior al promedio general siendo las siguientes variedades; KCA con 32.88%, PAS con 32.15%, SAL con 30.86, HUA con 26.73%, COL con 25.96% y PAN con 22.01%, siendo el último de menor índice de cosecha de los tratamientos, asimismo el check que obtuvo mayor índice de cosecha fue Choclito con 36.58%, mientras los demás variedades obtuvieron índice de cosecha inferior al promedio general siendo las siguientes; Blanca de Juli con 27.06%, Ayrampo con 27.06% y Chulpi con 25.05% (Figura 54) (Tabla 55).

ÍNDICE DE COSECHA

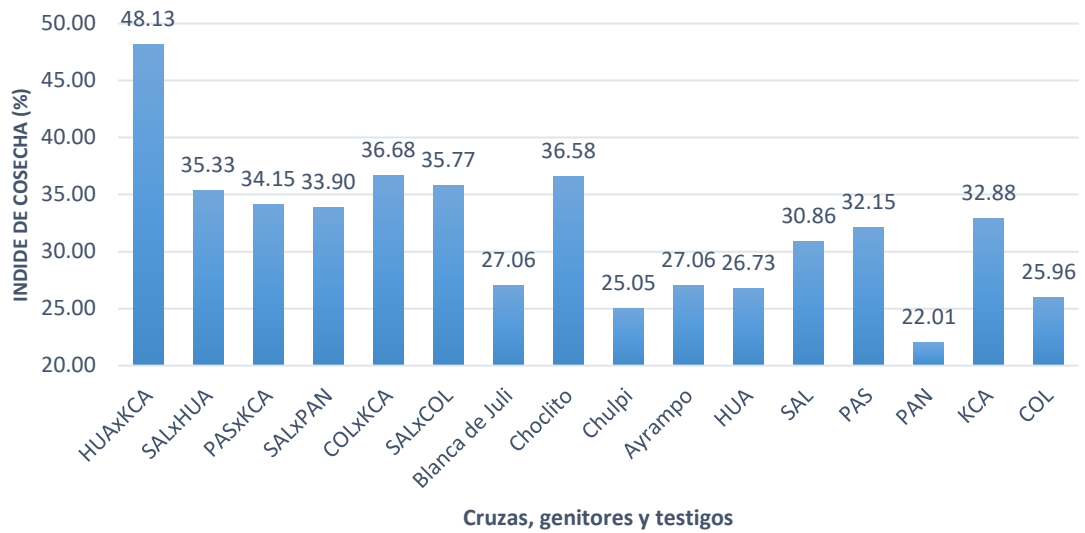


Figura 55. Comparación de la variable índice de cosecha entre cruizas simples, genitores y testigos.

Tabla 55. Prueba de Tukey al 5% para la variable índice de cosecha (%) entre cruizas, genitores y testigos.

Líneas, genitores y testigos	Media		
HUAxKCA	48.13	A	
COLxKCA	36.68	A	B
Choclito	36.58	A	B
SALxCOL	35.77	A	B
SALxHUA	35.33	A	B
PASxKCA	34.15	A	B
SALxPAN	33.90	A	B
KCA	32.88	A	B
PAS	32.15	A	B
SAL	30.86	A	B
Blanca de Juli	27.06		B
Ayrampo	27.06		B
HUA	26.73		B
COL	25.96		B
Chulpi	25.05		B
PAN	22.01		B



Rojas (2003) en su investigación de diversidad genética en germoplasma de quinua en Bolivia, menciona que el índice de cosecha de quinua presenta amplia variabilidad, dependiendo de la arquitectura de planta y pueden ser utilizados de acuerdo con el objetivo perseguido, las accesiones que presentan menor índice de cosecha pueden convertirse en alternativas de forraje, mientras las accesiones de quinua con mayor índice pueden usarse para grano.

Maliro, Guwela, Nyaika, y Murphy (2017) en su investigación en quinua, en Malawi al sur-este de África, evaluó la variable índice de cosecha en dos localidades Bunda y Bembeke, donde el rango varió de 9 a 55% y 20 a 50% respectivamente, la mayoría de los genotipos mostraron tener una alta eficiencia ya que su índice varió de 30 a 50%, además indica que el índice de cosecha es un parámetro excelente para evaluar el reparto de materia seca y la eficiencia de las plantas. También Pulvento *et al.* (2010) en sur de Italia, trabajando con dos genotipos de quinua, obtuvo índices de cosecha similares que en Malawi, siendo el rango de variación de 30.3 a 57.3%.

En noroeste de Argentina Curti, de la Vega, Andrade, Bramardi y Bertero (2014) trabajaron en su investigación con doce genotipos de quinua, donde evaluó índices de cosecha con rangos de variación de 28 a 31, encontrándose dentro de los rangos los resultados de la presente investigación.

El índice de cosecha mide la capacidad fotosintética y la tasa de translocación de fotosintatos a las semillas, además los genotipos están influenciados por el medio ambiente y las prácticas agrícolas. Se prefieren valores altos de índice de cosecha al momento de seleccionar genotipos para obtener un alto rendimiento de grano, por otro lado los valores bajos de índice de cosecha son buenos indicadores de genotipos para la producción de vegetales de hoja (Maliro y Njala, 2019).



V. CONCLUSIONES

Se obtuvo líneas con mejores comportamientos agronómicos; en rendimiento de grano las líneas HUAxKCA15, SALxHUA57, PASxKCA91, SALxPAN57, COLxKCA187, SALxCOL37 obtuvieron 3644.14, 3525.13, 3401.18, 3553.08, 4056.53 y 4730.38 kg.ha⁻¹ respectivamente y las líneas precoces fueron HUAxKCA182, SALxHUA178, PASxKCA77, SALxPAN77 y COLxKCA150 llegando a la madurez fisiológica a los 155, 156, 170, 167, 158 y 162 días respectivamente, siendo superior que los genitores HUA, PAN, KCA, SAL, COL y PAS que obtuvieron rendimientos de 2516.4, 2245.6, 2242.1, 1963.9, 1912.5 y 1719 kg.ha⁻¹ respectivamente, mientras que la madurez fisiológica de los genitores varió de 165 a 172 días, lo cual demuestra ganancia genética de las progenies.

Las cruzas con mejor comportamiento agronómico fueron; en rendimiento de grano, la craza SALxCOL, seguido de HUAxKCA con 3014.2 y 2838.6 kg.ha⁻¹, superando a los genitores y testigos varió en rendimiento de 1180.8 a 2516 kg.ha⁻¹, y en precocidad la craza HUAxKCA llegó a la madurez fisiológica a los 160 días. Mientras que en la variable índice de cosecha la craza con mayores porcentaje fue HUAxKCA con 48.13% mientras que en los genitores y testigos varió el rango de 22.01 a 36.58%.



VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda tomar en cuenta los resultados de la presente investigación en futuros trabajos de investigación dentro y fuera del programa de mejoramiento genético en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y continuar con la selección de las líneas promisorias con mejor comportamiento agronómico

Se recomienda continuar las investigaciones con los materiales genéticos promisorios y probar estas líneas en distintas localidades (Altiplano, Costa y Valles interandinos) para seguir evaluando el comportamiento agronómico y haciendo selección de las líneas promisorias hasta liberar nuevas variedades de quinua que puedan rendir mejor a nivel mundial.

Se recomienda tomar en cuenta la variable índice de cosecha (IC) en las futuras investigaciones para conocer la eficiencia de la planta; para grano o biomasa (forraje, abono verde y otros), según el objetivo perseguido en la investigación.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abugoch, L. E. (2009). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Composition, Chemistry, Nutritional, and Functional Properties. En *Advances in Food and Nutrition Research: Vol. 58. Advances in Food and Nutrition Research*. Academic Press. pp. 1-31. [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(09\)58001-1](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(09)58001-1).
- Apaza, Jose. (2014). Caracterización y variabilidad de progenie S3 autofecundadas, procedentes de cruza simples genéticamente distantes y cercanas, en seis cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). (Tesis de Ingeniero Agrónomo). Facultad de Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional San Agustín Arequipa. Perú. 120 p.
- Apaza, José. (2017). Selección de líneas a partir de autofecundaciones S5 de seis cruza simples, genéticamente distantes y cercanas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo condiciones ambientales de Puno. (Tesis de posgrado). Maestría en Ecología. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. pp. 48 - 146.
- Apaza, V., Caceres, G., Estrada, R., & Pinedo, R. (2013). Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú (1.^a ed.). Instituto Nacional de Innovación Agraria y Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. pp. 21 - 58.
- Azofeifa-Delgado, Á. (2006). Uso de marcadores moleculares en plantas; aplicaciones en frutales del trópico. *Agronomía Mesoamericana*. Universidad de Costa Rica. 17(2), 221 p. <https://doi.org/10.15517/am.v17i2.5163>.
- Barioglio, C. (2006). *Diccionario de Ciencias Agropecuarias*. 1ra edición. Córdoba, Argentina. 496 p
- Berlingeri, C., Alvarado, C., Silva-Acuña, R., Marín, C., & La Cruz, L. (2007). Evaluación agronómica de 18 líneas de Café e la localidad de La Vitu, Estado Trujillo, Venezuela. Estado de Trujillo - Venezuela: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. pp. 80-120.



- Bhargava, A., Shukla, S., & Ohri, D. (2006). *Chenopodium quinoa*—An Indian perspective. *Industrial Crops and Products*, 23(1), 73-87. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2005.04.002>
- Biodiversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA. (2013). *Descriptores para quinua (Chenopodium quinoa Willd.) y sus parientes silvestres*. Biodiversity International, Roma, Italia; Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia; Fundación PROINPA, La Paz, Bolivia; Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, La Paz, Bolivia; Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola, Roma, Italia. 64 p.
- Blanco, H. (2009). *Participación comunitaria en la evaluación de las características agronómicas de variedades y líneas mejoradas de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) en el Municipio de Quime*. (Tesis de grado Ingeniero Agrónomo). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. pp. 40 - 69.
- Bonifacio A. (2019). *Improvement of Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) and Qañawa (Chenopodium pallidicaule Aellen) in the context of climate change in the high Andes*. *Cien. Inv. Agr.* 46(2): 113-124.
- Bonifacio, A. (2013). *Mejoramiento Genético de la Quinoa en los Andes*. IV Congreso Mundial de la Quinoa y I Simposio Internacional de Granos Andinos. Ibarra, 8-12 de Jul 2013. *Memorias*. Ibarra, EC. 17-18 p.
- Bonifacio, A. (2006). *Estudio de prospectiva para los productos del altiplano y los valles centrales de los Andes*. Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. 34 p.
- Bonifacio, A., Mujica, Á., Alvarez, A., & Roca, W. (2000). *Cultivos Andinos; Mejoramiento genético, germoplasma y producción de semilla*. Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Bravo, R. (2012). *Entomología; conociendo a los insectos (2.ª ed., Vol. 1)*. Puno - Perú: Altiplano E.I.R.L. pp. 220 - 223.
- Bustincio, R. (2013). *Obtención de progenie de cruces simples en ocho variedades de quinua (Chenopodium quinoa Willd.), mediante la estimación de distancias*



- genéticas asistidas por marcadores moleculares. (Tesis de grado para Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional del Altiplano Puno. Perú.
- Camarena, F., Chura, J., & Blas, R. (2012). Mejoramiento genético y biotecnológico de plantas (1.^a ed.). Universidad Nacional Agraria La Molina y Agrobanco. Perú. 270 p.
- Campos, E., Bravo, R., Valdivia, R., & Soto, J. (2012). Plagas insectiles en áreas de intensificación de quinua en Puno. *Journal de Ciencia y Tecnología Agraria. CienciAgro*. Vol. 2. pp. 379 - 390.
- Carrasco, F. (2016). Efectos del cambio climático en la producción y rendimiento de la quinua en el distrito de Juli, periodo 1997 - 2014. *Comuni@cción*, Vol. 7. pp. 38-47.
- Choquechambi, L. (2016). Caracterización de progenies S5 autofecundadas, procedentes de cruza simples en seis cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) genéticamente distantes y cercanas en Camacani. (Tesis de grado). Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Chungara, A. (2000). Evaluación y selección para tolerancia a la sequía de 60 cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) del germoplasma de la zona andina. (Tesis de Grado). Universidad Técnica de Oruro, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Oruro, Bolivia. 112 p.
- Curti, R. N., de la Vega, A. J., Andrade, A. J., Bramardi, S. J., & Bertero, H. D. (2014). Multi-environmental evaluation for grain yield and its physiological determinants of quinoa genotypes across Northwest Argentina. *Field Crops Research*, 166 (2), 46-57. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.06.011>.
- Danielsen, S., & Ames, T. (2000). El mildiu (*Peronospora farinosa*) de la quinua (*Chenopodium quinoa*) en la zona andina: Manual práctico para el estudio de la enfermedad y el patógeno. Centro Internacional de la Papa, Royal Danish Ministry of Foreign Affairs, The Royal Veterinary and Agricultural University. pp. 3 - 10.



- Delatorre-Herrera, J., Sánchez, M., Delfino, I., & Oliva, M. I. (2013). La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), un tesoro andino para el mundo. *Idesia* (Arica), 31(2), 111-114. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292013000200017>
- Delgado, A., Palacios, J. H., & Betancourt, C. (2009). Evaluación de 16 genotipos de quinua dulce (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el municipio de Iles, Nariño (Colombia). *Agronomía Colombiana*, 27(2), 159-167.
- Dominguez, J. (2014). Caracterización agromorfológica de progenies autofecundadas s4, procedentes de cruzas simples, genéticamente distantes y cercanas en quinua (*Chenopodium quinoa* willd.), en condiciones de campiña de Arequipa. (Tesis de grado para Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional San Agustín Arequipa. Perú. 150 p.
- Flores, S. (2017). Caracterización agronómica y variabilidad genética de progenies de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) procedentes de autofecundaciones S5 de cruzas simples cercanas y distantes genéticamente. (Tesis de grado para Ingeniero Agrónomo). Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. pp. 74 - 98.
- Franco, T. e Hidalgo, R. (2003). Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. Boletín técnico N°8. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI). Cali, Colombia. 89p.
- Gabriel, J., Luna, N., Vargas, A., Magne, J., Angulo, A., La Torre, J., & Bonifacio, A. (2012). Quinua de valle (*Chenopodium quinoa* Willd.): Fuente valiosa de resistencia genética al mildiu (*Peronospora farinosa* Willd.). *Journal of the Selva Andina Research Society*, 3(2), 27-44.
- Gámez, A. L., Soba, D., Zamarreño, Á. M., García-Mina, J. M., Aranjuelo, I., & Morales, F. (2019). Effect of Water Stress during Grain Filling on Yield, Quality and Physiological Traits of Illpa and Rainbow Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Cultivars. *Plants*, 8(6), 173. <https://doi.org/10.3390/plants8060173>
- García, C. B., Barco, O. E., & Rosas, I. D. (2007). Evaluación y transferencia de tecnología para tres genotipos promisorios de quinua dulce (*Chenopodium quinoa*



- Willd.) en los municipios de Pasto y Guaitarilla del departamento de Nariño. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 24(1-2), 74-87.
- Garrido, M., Silva, P., Silva, H., Muñoz, R., Baginsky, C., & Acevedo, E. (2013). Evaluación del rendimiento de nueve genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo diferentes disponibilidades hídricas en ambiente mediterráneo. *IDESIA*, 31(2), 69 - 76.
- Gómez, L., y Aguilar, E. (2016). Guía del cultivo de la quinua. Lima, Perú. Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Universidad Nacional Agraria La Molina. 2.^a ed. 95 p.
- Gonzales, M., y Jimenez, G. (2009). Curso de actualización en la planificación y manejo del cultivo de tomate y su articulación con la industria, criterios para la elección de cultivares. Presentado en Uruguay. Uruguay: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria.
- Guerrero, J. L., Vallejo, M. T., y Betancourth, C. (2008). Evaluación de 16 selecciones de quinua dulce (*Chenopodium quinoa* Willd) en el municipio de Guaitarilla, Nariño. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 25(1 y 2), 130-149.
- Hawkes. (1999). The evidence for the extent of N.I. Vavilov's new World andean centers of cultivated plant origins. 163-168.
- Huaranga, A. (2009). Mejoramiento de plantas Autogamas, Curso Internacional por Tutoría a distancia en mejoramiento de variedades. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.
- Isobe, K., Sugiyama, H., Okuda, D., Murase, Y., Harada, H., Miyamoto, M., Torigoe, Y. (2016). Effects of sowing time on the seed yield of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) in South Kanto, Japan. *Agricultural Sciences*, 7(3), 146-153. <https://doi.org/10.4236/as.2016.73014>
- ITIS. (2019). Integrated Taxonomic Information System. Recuperado de https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=506567#null.



- Jacobsen, S. E. (2003). The worldwide potential for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Reviews International*, 19(1-2), 167-177. <https://doi.org/10.1081/FRI-120018883>
- Jacobsen, S.-E., y Sherwood, S. (2002). Cultivo de granos andinos en Ecuador: Informe sobre los rubros quinua, chocho y amaranto. Quito, Ecuador: Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Centro Internacional de la Papa, Catholic Relief Service. Abaya-Yala. 55 p.
- Loza-Del Carpio, A., Clavitea, J., y Delgado, P. (2016). Incidencia de aves granívoras y su importancia como plagas en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el altiplano Peruano. *Bioagro*, 28(3), 139-150.
- Maliro, M. F. A., Guwela, V. F., Nyaika, J., & Murphy, K. M. (2017). Preliminary Studies of the Performance of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Genotypes under Irrigated and Rainfed Conditions of Central Malawi. *Frontiers in Plant Science*, 8(227). <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00227>
- Maliro, M.F.A. y Njala, A.L (2019). Agronomic performance and strategies of promoting Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in Malawi. *Ciencia e Investigación Agraria*, 46(2): 82 - 99. <http://doi.org/10.7764/rcia.v46i2.2143>
- Montesinos, E. (2017). Adaptación del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) al cambio climático en los Andes del Perú. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalurgica y Geográfica*, 19(37), 15 - 23.
- Mujica, Á. (2015). El origen de la quínoa y la historia de su domesticación. Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura de Chile. TIERRADENTRO. pp. 14 - 17.
- Mujica A. & Jacobsen S. (2016). La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres. *Botánica Económica de los Andes Centrales*. 449 - 457.
- Mujica, Á., Canahua, A., & Saravia, R. (2001). Cultivos Andinos; Agronomía del cultivo de la quinua. Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado 21 de noviembre de 2018, de



[http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodali
m/prodveg/cdrom/contenido/libro03/cap2.htm](http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodali
m/prodveg/cdrom/contenido/libro03/cap2.htm)

- Mujica, Á., y Chura, E. (2012). Cultivo de granos andinos y cereales. Puno, Perú. Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional del Altiplano Puno. Perú. pp. 6 - 102.
- Mujica, Á., Jacobsen, S. E., Izquierdo, J., & Pierre, J. (2001). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.); Ancestral cultivo andino, alimento de presente y futuro. Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Universidad Nacional del Altiplano. Recuperado de [http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodali
m/prodveg/cdrom/contenido/libro03/home03.htm](http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodali
m/prodveg/cdrom/contenido/libro03/home03.htm)
- Mujica, Á., Suquilanda, M., Chura, E., Ruiz, E., León, A., Cutipa, S., & Ponce, C. (2013). Producción orgánica de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Perú. Primera Edición. FINCAGRO. 118 p.
- Nei, M. (2001). Genetic Distance. En Encyclopedia of Genetics. Academic Press. (pp. 828-832). <https://doi.org/10.1006/rwgn.2001.0532>
- Palomino, G., Hernández, L. T., & de la Cruz Torres, E. (2008). Nuclear genome size and chromosome analysis in *Chenopodium quinoa* and *C. berlandieri* subsp. *Nuttalliae*. Euphytica, 164(1), 221. <https://doi.org/10.1007/s10681-008-9711-8>
- Pardey, R., Garcia, D., & Vallejo, C. (2006). Caracterización morfológica de cien accesiones de Capsicum del Banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. pp. 1-9.
- Paredes, W. (2002). Mejoramiento genético en plantas. Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. Perú. Infoagro Systems. Recuperado de http://www.infoagro.com/agricultura_ecologica/mejora_genetica_plantas.htm
- Peralta, E. (1985). La quinoa un gran alimento y su utilización. Ecuador. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Boletín divulgado N°175. 25 p.



- Pulvento, C., Riccardi, M., Lavini, A., D'Andria, R., Iafelice, G., & Marconi, E. (2010). Field Trial Evaluation of Two *Chenopodium quinoa* Genotypes Grown Under Rain-Fed Conditions in a Typical Mediterranean Environment in South Italy. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 196(6), 407-411. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2010.00431.x>
- Ramanatha Rao, V., & Hodgkin, T. (2002). Genetic diversity and conservation and utilization of plant genetic resources. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 68(1), 1-19. <https://doi.org/10.1023/A:1013359015812>
- Reinoso, J., & Paredes, S. (1998). Post producción de andinos en el altiplano: Inventario y demanda. Lima, Perú. 133 p.
- Rojas, W. (2003). Multivariate Analysis of Genetic Diversity of Bolivian Quinoa Germplasm. *Food Reviews International*, 19(1-2), 9-23. <https://doi.org/10.1081/FRI-120018864>
- Rojas, W., & Pinto, M. (2013). La diversidad genética de quinua de Bolivia. Fundación PROINPA. Presentado en Congreso Científico de la Quinua, La Paz, Bolivia. pp. 3 - 14
- Spehar, C. R., & Rocha, J. E. da S. (2009). Effect of sowing density on plant growth and development of quinoa, genotype 4.5, in the brazilian savannah highlands / Efeito da densidade de semeadura no crescimento e desenvolvimento de quinua, genótipo 4.5, no planalto central. *Bioscience Journal*, 25(4), 53 - 58. Recuperado de <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6952>
- Supúlveda, J., Thomet, M., Palazuelos, P., & Mujica, A. (2004). La Kinwa Mapuche: Recuperación de un cultivo para la alimentación. Temuko, Chile: Fundación para Innovación Agraria, Centro de Educación y Tecnológicas y Centro de Educación y Tecnológica para el Desarrollo del Sur. 122 p.
- Tapia, M. (2000). Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación; Agronomía de cultivos andinos. Cultivos Andinos. FAO. Chile. Capítulo III. Fitomejoramiento. 402 p.



- Tapia, M. E., & Fries, A. M. (2007). Guía de campo de los cultivos andinos. Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y Asociación Nacional de Profesionales de Enseñanzas. Lima, Perú. 222 p.
- Tapia, M., Gandarillas, H., Alandia, S., Mujica, A., Salas, B., & Rea, J. (1979). Quinoa y Kañiwa, cultivos andinos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Colombia. 228 p.
- TIERRA ADENTRO. (2015). Quinoa: Un superalimento para Chile y el mundo. Ministerio de Agricultura de Chile. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Chile. 78 p.
- Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L., & Martínez, E. A. (2010). Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient Andean grain: A review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(15), 2541-2547. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4158>
- Villacres, E., Peralta, E., Egas, L., & Mazon, N. (2011). Potencial agroindustrial de la quinoa. Boletín Técnico N° 146. Departamento de Nutrición y Calidad de Alimentos. Estación Experimental Santa Catalina. INIAP. Quito, Ecuador. 32 p.
- Ward, S. M. (2000). Allotetraploid segregation for single-gene morphological characters in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Euphytica*, 116(1), 11-16. <https://doi.org/10.1023/A:1004070517808>
- Zanabria, E., & Mamani, F. (2017). Granos andinos nutraceuticos: Quinoa, Cañihua y Kiwicha en Perú y Bolivia. Universidad Nacional del Altiplano. (1.^a ed.). Puno, Perú. 152 p.
- Zou, C., Chen, A., Xiao, L., Muller, H. M., Ache, P., Haberer, G., Zhang, H. (2017). A high-quality genome assembly of quinoa provides insights into the molecular basis of salt bladder-based salinity tolerance and the exceptional nutritional value. *Cell Research*, 27(11), 1327-1340. <https://doi.org/10.1038/cr.2017.124>
- Zurita Silva, A., Jacobsen, S.-E., Razzaghi, F., Álvarez Flores, R., Ruiz, K. B., Morales, A., & Silva Ascencio, H. (2014). Respuestas a la sequía y adaptación de la Quinoa. *Springer*, 34(1), 13 - 30.

ANEXOS

ANEXO 1. Preparación de terreno para la instalación del experimento de quinua de cruzas simples en CIP Illpa - Puno, Perú, 2017.



ANEXO 2. Siembra de las líneas F9 de las cruzas simples de quinua en CIP Illpa- Puno, Perú, 17 de octubre de 2017.



ANEXO 3. Identificación de parcelas mediante etiqueta con códigos QR en CIP Illpa, Puno, Perú, 2017.



ANEXO 4. Primer deshierbo en la fase fenológica de dos y cuatro hojas verdaderas de las líneas F9 de cruizas simples de quinua en CIP Illpa. Puno – Perú, 20 de noviembre de 2017



ANEXO 5. Desahije y segundo deshierbo del experimento de cruza simples de quinua
Puno, Perú, 2017.



ANEXO 6. Aporque del experimento de cruza simples de quinua en la fase fenológica
de inicio de panojamiento en CIP Illpa - Puno, Perú, 15 de enero de 2017.



ANEXO 7. Cosecha del experimento de líneas F9 de las cruces simples de quinua en Puno, Perú, 2018.



ANEXO 8. Proceso de trillado y venteo del experimento de líneas F9 de cruces simples de quinua en CIP Illpa - Puno, Perú, 2018.



ANEXO 9. Evaluación de plantas para determinar el índice de cosecha en el experimento de cruza simples de quinua en Puno, Perú, 2018.



ANEXO 10. Incidencia de la plaga *Epicauta sp.* en el experimento de cruza simples de quinua en Puno, Perú, 2018.



ANEXO 11. Ataque ornitológico a las cruces simples de quinua en Puno, Perú, 2018.



ANEXO 12. Instalación de banderillas en el experimento para el control ornitológico en Puno, Perú, 2018





ANEXO 13. Análisis físico químico del suelo del experimento en CIP Illpa Puno, Perú



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO

Departamento : PUNO

Distrito : PUNO

Referencia : H.R. 62945-033SC-18

Provincia : ILLPA

Predio : 06/04/18

Fecha : 06/04/18

Fact.: 2582

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico		Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g				Suma de Cationes Bases	Suma de Sat. De Bases	%		
								Arena %	Limo %			Arcilla %	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺				Na ⁺	Al ³⁺ + H ⁺
2463	Blander Yoberson	7.79	0.24	0.00	2.15	22.6	456	34	38	28	Fr.Ar.	21.60	17.08	3.13	1.09	0.30	0.00	21.60	21.60	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Dr. Sady García Bendejón
Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe



ANEXO 14. Información meteorológica del Centro de Investigación y Producción Illpa
Puno, Perú

"SENAMHI ORGANO OFICIAL Y RECTOR DEL SISTEMA HIDROMETEOROLOGICO NACIONAL AL SERVICIO DEL DESARROLLO SOCIO ECONOMICO DEL PAIS"												
ESTACION: CO. 115060			LATITUD		15°26'39"		DEPARTAMENTO			PUNO		
JULIACA			LONGITUD		70°12'28,2"		PROVINCIA			SAN ROMAN		
			ALTITUD		3826		DISTRITO			JULIACA		
PARAMETRO : PROMEDIO MENSUAL DE TEMPERATURA MAXIMA EN °C.												
AÑOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABRL.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOT.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2017	16.8	18.6	16.5	17.6	17.4	17.6	17.5	18.8	17.7	19.2	20.4	18.9
2018	16.6	16.3	16.9	17.8	17.7	15.8	15.9	17.0	19.0	18.7	20.8	19.0
PARAMETRO : PROMEDIO MENSUAL DE TEMPERATURA MINIMA EN °C												
AÑOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABRL.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOT.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2017	5.3	4.4	4.4	2.3	-0.3	-5.0	-6.5	-6.1	0.8	0.4	2.2	3.2
2018	4.9	5.2	4.7	-0.1	-4.1	-4.1	-4.0	-3.6	-3.2	2.8	2.8	3.4
PARAMETRO : PRECIPITACION TOTAL MENSUAL EN MM.												
AÑOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABRL.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOT.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2017	115.7	73.1	123.0	43.9	19.3	0.0	5.1	0.0	51.2	69.9	37.6	150.8
2018	125.7	157.1	149.1	32.1	13.2	13.1	23.6	0	0.2	48	50.2	93.3
PARAMETRO : PROMEDIO MENSUAL DE HUMEDAD RELATIVA EN %												
AÑOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABRL.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOT.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2017	80	80	84	81	77	73	74	69	85	76	74	77
2018	81	83	83	82	80	80	76	73	71	80	73	76
RCC.												
INFORMACION PROCESADA PARA : BLANDER YOBERTSON MAMANI YABAR (TESISTA)												
Puno, 28 de Octubre del 2019												

Fuente: Servicio Nacional de Hidrología y Meteorología (SENAMHI) Puno.



ANEXO 16. Cuadro de ANOVA de la cruz a HUAxKCA de la variable rendimiento de grano/hectárea en CIP Illpa Puno, Perú

Fuente	GL	Suma de cuadrados	de Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Repetición	1	16952361.8	16952361.8	100.28	<.0001
Bloque	18	37505925.3	2083662.5	12.33	<.0001
Tratamiento	99	113789853	1149392.5	6.8	<.0001
Error	481	81312795	169049.5		
Total corregido	599	284149097			
CV =		16.92%			

ANEXO 17. Cuadro de ANOVA de la cruz a SALxHUA de la variable de rendimiento de grano / hectárea en CIP Illpa Puno, Perú.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Repetición	1	6830633.7	6830633.7	38.48	<.0001
Bloque	18	22420653.5	1245591.9	7.02	<.0001
Tratamiento	99	148811528	1503146.7	8.47	<.0001
Error	481	85382120.8	177509.6		
Total corregido	599	283294685			
CV =		19.71%			

ANEXO 18. Cuadro de ANOVA de la cruz a PASxKCA de la variable rendimiento de grano / hectárea en CIP Illpa Puno, Perú

Fuente	GL	Suma de cuadrados	de Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Repetición	1	152450.2	152450.2	3.27	0.0712
Bloque	18	3078141.5	171007.9	3.67	<.0001
Tratamiento	99	244575025.5	2470454.8	52.99	<.0001
Error	481	22424467	46620.5		
Total corregido	599	280364470.8			
CV =		14.34%			



ANEXO 19. Cuadro de ANOVA de la cruza SALxPAN de la variable rendimiento de grano / hectárea en CIP Illpa Puno, Perú

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Repetición	1	2793301	2793301	16.4	<.0001
Bloques	18	27353052.6	1519614	8.92	<.0001
Tratamiento	99	183535981.9	1853898.8	10.89	<.0001
Error	481	81902266.6	170275		
Total corregido	599	315181213.5			
CV =	22.44%				

ANEXO 20. Cuadro de ANOVA de la cruza COLxKCA de la variable rendimiento de grano / hectárea en CIP Illpa Puno, Perú

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Repetición	1	16447661.2	16447661.2	99.4	<.0001
Bloque	18	61978119.9	3443228.9	20.81	<.0001
Tratamiento	99	199778593	2017965.6	12.2	<.0001
Error	481	79592206.8	165472.4		
Total corregido	599	452852025.1			
CV =	17.94%				

ANEXO 21. Cuadro de ANOVA de la cruza SALxCOL de la variable rendimiento de grano/hectárea en CIP Illpa Puno, Perú

Fuente	GL	Suma de cuadrado	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Repetición	1	9676488.4	9676488.4	43.91	<.0001
Bloque	18	140777005.3	7820944.7	35.49	<.0001
Tratamiento	99	214703273.1	2168719.9	9.84	<.0001
Error	481	105988912.6	220351.2		
Total corregido	599	521618272.9			
CV =	17.80%				



ANEXO 22. Cuadro de ANOVA de la variable rendimiento de grano/planta de líneas F9 de la cruza simple HUAxKCA en CIP Illpa Puno, Perú.

Fuente	GL	SC	CM	F - Valor	Pr > F
Grupo	1	2253.95689	2253.95689	185.75	<.0001
Bloque(grupo)	18	4559.56795	253.30933	20.88	<.0001
Tratamiento	99	7510.68789	75.865534	6.25	<.0001
Error	481	5836.60883	12.13432		
Total corregido	599	22840.9414			
CV =		19.67%			

ANEXO 23. Cuadro de ANOVA de la variable rendimiento de grano/planta de líneas F9 de la cruza simple SALxHUA en CIP Illpa Puno, Perú.

Fuente	GL	SC	CM	F - Valor	Pr > F
Grupo	1	439.65975	439.65975	45.36	<.0001
Bloque(grupo)	18	2253.69913	125.20551	12.92	<.0001
Tratamiento	99	19270.0164	194.64663	20.08	<.0001
Error	481	4662.08619	9.69249		
Total corregido	599	32625.1368			
CV =		16.75%			

ANEXO 24. Cuadro de ANOVA de la variable rendimiento de grano/planta de líneas F9 de la cruza simple PASxKCA en CIP Illpa Puno, Perú.

Fuente	GL	SC	CM	F - Valor	Pr > F
Grupo	1	579.99775	579.99775	45.39	<.0001
Bloque(grupo)	18	1502.35358	83.46409	6.53	<.0001
Tratamiento	99	36244.3436	366.10448	28.65	<.0001
Error	481	6145.65876	12.77684		
Total corregido	599	50918.2806			
CV =		17.83%			

ANEXO 25. Cuadro de ANOVA de la variable rendimiento de grano/planta de líneas F9 de la cruza simple SALxPAN en CIP Illpa Puno, Perú.

Fuente	GL	SC	CM	F - Valor	Pr > F
Grupo	1	54.42236	54.42236	1.8	0.1799
Bloque(grupo)	18	3497.46555	194.30364	6.44	<.0001
Tratamiento	99	75817.5559	765.8339	25.38	<.0001
Error	481	14513.7176	30.17405		
Total corregido	599	97800.1565			
CV =		20.1%			

ANEXO 26. Cuadro de ANOVA de la variable rendimiento de grano/planta de líneas F9 de la cruza simple COLxKCA en CIP Illpa Puno, Perú.

Fuente	GL	SC	CM	F - Valor	Pr > F
Grupo	1	1470.71474	1470.71474	117.75	<.0001
Bloque(grupo)	18	3500.68489	194.48249	15.57	<.0001
Tratamiento	99	12287.5653	124.11682	9.94	<.0001
Error	481	6007.62437	12.48986		
Total corregido	599	28076.7913			
CV =		17.65			

ANEXO 27. Cuadro de ANOVA de la variable rendimiento de grano/planta de líneas F9 de la cruza simple SALxCOL en CIP Illpa Puno, Perú.

Fuente	GL	SC	CM	F - Valor	Pr > F
Grupo	1	951.80822	951.80822	27.28	<.0001
Bloque(grupo)	18	17222.6644	956.81469	27.42	<.0001
Tratamiento	99	51496.0417	520.16204	14.91	<.0001
Error	481	16784.8065	34.8956		
Total corregido	599	115759.993			
CV =		19.63%			

ANEXO 28. Cuadro de ANOVA de la variable días de floración de líneas F9 de la cruza simple HUAxKCA en CIP Illpa Puno, Perú

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Grupo	1	174.96	174.96	44.87	<.0001
Bloque(Grupo)	18	997.68	55.426667	14.22	<.0001
Tratamiento	99	2402.64	24.269091	6.22	<.0001
Error	481	1875.36	3.898877		
Total corregido	599	5853.84			
CV =	2.26 %				

ANEXO 29. Cuadro de ANOVA de la variable días de floración de líneas F9 de la cruza simple SALxHUA en CIP Illpa Puno, Perú

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Grupo	1	290.695014	290.695014	23.56	<.0001
Bloque(Grupo)	18	2848.46442	158.248023	12.83	<.0001
Tratamiento	99	8451.00723	85.363709	6.92	<.0001
Error	481	5922.30312	12.33813		
Total corregido	599	17348.7746			
CV =	3.81%				

ANEXO 30. Cuadro de ANOVA para la variable días de floración de las líneas F9 de la cruza simple PASxKCA en CIP Illpa Puno, Perú.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Grupo	1	2371.17596	2371.17596	134.15	<.0001
Bloque(Grupo)	18	2275.71452	126.428585	7.15	<.0001
Tratamiento	99	8751.95841	88.40362	5	<.0001
Error	481	8466.59873	17.67557		
Total corregido	599	22448.6505			
CV =	4.42%				



ANEXO 31. Cuadro de ANOVA para la variable días de floración de las líneas F9 de la cruza simple SALxPAN en CIP Illpa Puno, Perú.

Fuente	GL	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	F-Valor	Pr > F
Grupo	1	181.5	181.5	11.45	0.0008
Bloque(Grupo)	18	3432.73528	190.70752	12.03	<.0001
Tratamiento	99	11518.0353	116.34379	7.34	<.0001
Error	481	7623.76472	15.84982		
Total corregido	599	25738.5			
CV =		4.37%			

ANEXO 32. Cuadro de ANOVA para la variable días de floración de las líneas F9 de la cruza simple COLxKCA en CIP Illpa Puno, Perú.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F-Valor	Pr > F
Grupo	1	2304.96	2304.96	177.04	<.0001
Bloque(Grupo)	18	2007.78	111.543333	8.57	<.0001
Tratamiento	99	8083.14	81.647879	6.27	<.0001
Error	481	6262.26	13.01925		
Total corregido	599	19610.64			
CV =		4.06%			

ANEXO 33. Cuadro de ANOVA para la variable días de floración de las líneas F9 de la cruza simple SALxCOL en CIP Illpa Puno, Perú.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Valor	Pr > F
Grupo	1	733.136994	733.136994	79.8	<.0001
Bloque(Grupo)	18	2096.85183	116.491768	12.68	<.0001
Tratamiento	99	6002.77739	60.634115	6.6	<.0001
Error	481	4400.55119	9.18695		
Total corregido	599	13085.4197			
CV =		3.48			



ANEXO 34. Cuadro de ANOVA para la variable Madurez fisiologica de las lineas F9 de la cruza simple HUAxKCA en CIP Illpa Puno, Perú.

Fuente	GL	Suma de Cuadrado	Cuadrado Medio	F - Valor	Pr > F
Grupo	1	0	0	0	1
Bloque(Grupo)	18	2674.2	148.566	29.81	< 0.0001
Tratamiento	99	6586.8	66.533	13.35	< 0.0001
Error	481	2397	4.983		
Total corregido	599	11658			
CV =		1.38%			

ANEXO 35. Cuadro de ANOVA para la variable Madurez fisiológica de las líneas F9 de la cruza simple SALxHUA en CIP Illpa Puno, Perú.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F - Valor	Pr > F
Grupo	1	4505.5209	4505.5209	633.43	< 0.0001
Bloque(grupo)	18	2235.5296	124.196	17.46	< 0.0001
Tratamiento	99	6644.9186	67.12039	9.44	< 0.0001
Error	481	3414.2158	7.11295		
Total corregido	599	17813.7596			
CV =		1.62%			

ANEXO 36. Cuadro de ANOVA para la variable Madurez fisiológica de las líneas F9 de la cruza simple PASxKCA en CIP Illpa Puno, Perú.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F - Valor	Pr > F
Grupo	1	5963.52027	5963.52027	80.56	< 0.0001
Bloque(grupo)	18	4011.7521	291.75264	3.94	< 0.0001
Tratamiento	99	29775.1153	300.75874	4.06	< 0.0001
Error	481	35450.5133	74.02612		
Total corregido	599	75781.1238			
CV =		4.9%			



ANEXO 37. Cuadrado de ANOVA para la variable madurez fisiológica de las líneas F9 de la cruza simple SALxPAN en CIP Illpa Puno, Perú.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F - Valor	Pr > F
Grupo	1	22989.66	22989.66	4748.73	< 0.0001
Bloque(grupo)	18	964.02887	53.55716	11.06	< 0.0001
Tratamiento	99	3941.88887	40.63803	8.39	< 0.0001
Error	481	2338.31113	4.84122		
Total corregido	599	31276.56			
CV =		1.24%			

ANEXO 38. Cuadro de ANOVA para la variable madurez fisiológico de las líneas F9 de la cruza simple COLxKCA en CIP Illpa Puno, Perú.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F - Valor	Pr > F
Grupo	1	408.375	408.375	62.49	< 0.0001
Bloque(grupo)	18	1561.95	86.775	13.28	< 0.0001
Tratamiento	99	5587.725	56.4417	8.64	< 0.0001
Error	481	3143.175	6.5347		
Total corregido	599	11543.985			
CV =		1.54%			

ANEXO 39. Cuadro de ANOVA para la variable madurez fisiológica de las líneas F9 de las cruza simple SALxCOL en CIP Illpa Puno, Perú.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F - Valor	Pr > F
Grupo	1	3.57387	3.57387	0.06	0.8101
Bloque(grupo)	18	3982.9534	221.2751	3.58	< 0.0001
Tratamiento	99	25537.7364	257.9569	4.17	< 0.0001
Error	481	29604.2778	61.8043		
Total corregido	599	58019.3327			
CV =		4.72%			



ANEXO 40. Cuadro de ANOVA para la variable longitud de panoja de las líneas F9 de la cruz simple HUAxKCA en CIP Illpa Puno, Perú

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F - Valor	Pr > F
Grupo	1	7.348267	7.348267	0.36	0.5483
Bloque(grupo)	18	6359.531	353.307278	17.36	< 0.0001
Tratamiento	99	3888.74847	93.196337	4.58	< 0.0001
Error	481	9791.88993	20.35736		< 0.0001
Total corregido	599	25385.2066			
CV =		12.06%			

ANEXO 41. Cuadro de ANOVA para la variable longitud de panoja de las líneas F9 de la cruz simple SALxHUA en CIP Illpa Puno, Perú.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F - valor	Pr > F
Grupo	1	20.59708	20.59708	0.45	< 0.0001
Bloque(grupo)	18	3852.44971	214.02498	4.71	< 0.0001
Tratamiento	99	15338.7094	154.93646	3.41	< 0.0001
Error	481	21813.2899	45.44435		
Total corregido	599	41081.271			
CV =		17.33%			

ANEXO 42. Cuadro de ANOVA para la variable longitud de panoja de las líneas F9 de la cruz simple PASxKCA en CIP Illpa Puno, Perú.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F - Valor	Pr > F
Grupo	1	9686.4746	9686.4746	173.75	< 0.0001
Bloque(grupo)	18	4926.1908	273.67727	4.91	< 0.0001
Tratamiento	99	16624.1977	167.92119	3.01	< 0.0001
Error	481	26703.2559	55.74792		
Total corregido	599	58692.0331			
CV =		23.8			

ANEXO 43. Cuadro de ANOVA para la variable longitud de panoja de las líneas F9 de la cruza SALxPAN en CIP Illpa Puno, Perú.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F- Valor	Pr > F
Grupo	1	283.31882	283.31882	8.1	0.0046
Bloque(grupo)	18	2286.79151	127.04397	5.66	< 0.0001
Tratamiento	99	10848.2395	111.83752	3.2	< 0.0001
Error	481	16904.2363	34.99842		
Total corregido	599	31602.2046			
CV =		18.36%			

ANEXO 44. Cuadro de ANOVA para la variable longitud de panoja de las líneas F9 de la cruza COLxKCA en CIP Illpa Puno, Perú.

Fuente	GL	SC	CM	F VALUE	Pr > F
Grupo	1	3576.0651	3576.0651	82.37	< 0.0001
Bloque(grupo)	18	1597.7132	88.7618	2.04	0.007
Tratamiento	99	15113.2289	152.1689	3.52	< 0.0001
Error	481	20882.4951	43.4148	4.18	
Total corregido	599	42292.2597			
CV =		19.66%			

ANEXO 45. Cuadro de ANOVA para la variable longitud de panoja de las líneas F9 de la cruza SALxCOL en CIP Illpa Puno, Perú.

Fuente	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F
Grupo	1	46.9904	46.9905	2.2	0.1385
Bloque(grupo)	18	2945.8794	163.6599	7.67	< 0.0001
Tratamiento	99	7868.4671	79.4794	3.72	< 0.0002
Error	481	10222.8898	21.3421		
Total corregido	599	22774.3794			
CV =		14.38%			



ANEXO 46. Cuadro de ANOVA para la variable diámetro de panoja de las líneas F9 de la craza HUAxKCA en CIP Illpa Puno, Perú.

Fuente	GL	SC	CM	F - Valor	Pr > F
Grupo	1	19.0638375	19.0638375	34.28	<.0001
Bloque(grupo)	18	64.978235	3.6099019	6.49	<.0001
Tratamiento	99	196.923993	1.9891312	3.58	<.0001
Error	481	267.475478	0.5560821		
Total corregido	599	566.909879			
CV =		16.31%			

ANEXO 47. Cuadro de ANOVA de la variable diámetro de panoja de las líneas F9 de la craza SALxHUA en CIP Illpa Puno, Perú.

Fuente	GL	SC	CM	F - Valor	Pr > F
Grupo	1	49.3818832	49.3818832	39.22	<.0001
Bloque(grupo)	18	75.057701	4.1698723	3.31	<.0001
Tratamiento	99	347.611196	3.5112242	2.79	<.0001
Error	481	604.331163	1.259023		
Total corregido	599	1091.88744			
CV =		23.68%			

ANEXO 48. Cuadro de ANOVA de la variable diámetro de panoja de las líneas F9 de la craza PASxKCA en CIP Illpa Puno, Perú.

Fuente	GL	SC	CM	F - Valor	Pr > F
Grupo	1	17.0520309	17.0520309	10.11	0.0016
Bloque(grupo)	18	129.363432	7.1868573	4.26	<.0001
Tratamiento	99	382.927261	3.8679521	2.29	<.0001
Error	481	807.886307	1.68661		
Total corregido	599	1435.61158			
CV =		21.58%			



ANEXO 49. Cuadro de ANOVA de la variable diámetro de panoja de las líneas F9 de la cruza SALxPAN en CIP Illpa Puno, Perú.

Fuente	GL	SC	CM	F - Valor	Pr > F
Grupo	1	168.86876	168.86876	132.19	<.0001
Bloque(grupo)	18	96.838764	5.3799313	4.21	<.0001
Tratamiento	99	390.304458	3.9424693	3.09	<.0001
Error	481	614.456726	1.277457		
Total corregido	599	1384.2727			
CV =		20.3%			

ANEXO 50. Cuadro de ANOVA de la variable diámetro de panoja de las líneas F9 de la cruza COLxKCA en CIP Illpa Puno, Perú.

Fuente	GL	SC	CM	F - Valor	Pr > F
Grupo	1	63.7395227	63.7395227	63.65	<.0001
Bloque(grupo)	18	38.377978	2.1321099	2.13	0.0045
Tratamiento	99	305.997634	3.0908852	3.09	<.0001
Error	481	481.679999	1.0014137		
Total corregido	599	903.428239			
CV =		23.4%			

ANEXO 51. Cuadro de ANOVA de la variable diámetro de panoja de las líneas F9 de la cruza SALxCOL en CIP Illpa Puno, Perú.

Fuente	GL	SC	CM	F - Valor	Pr > F
Grupo	1	1.1147569	1.1147569	0.95	0.3313
Bloque(grupo)	18	173.359404	9.631078	8.17	<.0001
Tratamiento	99	398.453041	4.0247782	3.41	<.0001
Error	479	564.673348	1.178859		
Total corregido	597	1266.19338			
CV =		18.6%			

ANEXO 52. Cuadro de ANOVA para la variable altura de planta de las líneas F9 de la cruz a HUAxKCA en CIP Illpa Puno, Perú.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F - Valor	Pr > F
Grupo	1	6447.82602	6447.82602	115.67	< 0.0001
Bloque(grupo)	18	16804.2123	933.567335	16.75	< 0.0001
Tratamiento	99	34852.1963	352.04239	6.32	< 0.0001
Error	481	26812.34	55.74291	9.93	< 0.0001
Total corregido	599	92156.1592			
CV =		7.03%			

ANEXO 53. Cuadro de ANOVA para la variable altura de planta de las líneas F9 de la cruz a SALxHUA en CIP Illpa Puno, Perú.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F - Valor	Pr > F
Grupo	1	14531.183	14531.183	111.17	< 0.0001
Bloque(grupo)	18	26340.365	1463.3536	11.19	< 0.0001
Tratamiento	99	49955.2647	504.5986	3.86	< 0.0001
Error	481	62744.1915	130.7171	6.37	< 0.0001
Total corregido	599	160989.713			
CV =		10.37%			

ANEXO 54. Cuadro de ANOVA para la variable altura de planta de las líneas F9 de la cruz a PASxKCA en CIP Illpa Puno, Perú.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F - Valor	Pr > F
Grupo	1	199940.388	196640.398	695.75	< 0.0001
Bloque(grupo)	18	35040.0112	1946.6673	6.89	< 0.0001
Tratamiento	99	98288.091	992.809	3.51	< 0.0001
Error	481	135379.908	282.6303		
Total corregido	599	471268.624			
CV =		14.93%			



ANEXO 55. Cuadro de ANOVA para la variable altura de planta de las líneas F9 de la cruza SALxPAN en CIP Illpa Puno, Perú.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F - Valor	Pr > F
Grupo	1	7481.83594	7481.836	43.16	< 0.0001
Bloque(grupo)	18	14220.8663	790.048	4.56	< 0.0001
Tratamiento	99	65400.467	674.232	3.89	< 0.0001
Error	481	83725.214	173.344		
Total corregido	599	179460.572			
CV =		11.35%			

ANEXO 56. Cuadro de ANOVA para la variable altura de planta de las líneas F9 de la cruza COLxKCA en CIP Illpa Puno, Perú.

Fuente	GL	SC	CM	F VALUE	Pr > F
Grupo	1	927.0294	927.0294	4.42	0.0361
Bloque(grupo)	18	10309.6759	572.7598	2.73	< 0.0001
Tratamiento	99	94345.0579	952.9803	4.54	< 0.0001
Error	481	100933.215			
Total corregido	599				
CV =		14.09%			

ANEXO 57. Cuadro de ANOVA para la variable altura de planta de las líneas F9 de la cruza SALxCOL en CIP Illpa Puno, Perú.

Fuente	GL	SC	CM	F VALUE	Pr > F
Grupo	1	38089.2924	38089.2925	566.74	< 0.0001
Bloque(grupo)	18	27417.3837	1523.188	22.66	< 0.0001
Tratamiento	99	53196.048	537.333	8	< 0.0001
Error	481	32192.7456			
Total corregido	599				
CV =		7.96%			

ANEXO 58. Cuadro de ANOVA para la variable rendimiento de grano/hectárea de cruza simples en CIP Illpa Puno, Perú.

Fuente	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F
Repetición	1	383182.334	383182.334	6.72	0.0204
Tratamiento	15	5446341.27	363089.418	6.37	0.0005
Error	15	855599.217	57039.948		
Total corregido	31	6685122.82			
CV		12.34%			

ANEXO 59. Cuadro de ANOVA para la variable rendimiento de grano/planta de cruza simples en CIP Illpa Puno, Perú.

Fuente	GL	SC	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Repetición	1	14.1500212	14.1500212	2.84	0.1127
Tratamiento	15	619.490295	41.299353	8.28	<.0001
Error	15	74.7867492	4.9857833		
Total corregido	31	708.427066			
CV		10.81%			

ANEXO 60. Cuadro de ANOVA de la variable Índice de cosecha del experimento de cruza simples en CIP Illpa Puno, Perú

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Repetición	1	163.126953	163.126953	6.41	0.023
Tratamiento	15	1199.489022	79.965935	3.14	0.0167
Error	15	381.569697	25.43798		
Total corregido	31	1744.185672			
CV =		15.8%			