

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



**“EVALUACIÓN FENOLÓGICA Y VARIACIÓN DEL
RENDIMIENTO DE CULTIVARES NATIVOS DE QUINUA
(*Chenopodium quinoa* Willdenow) EN TRES ZONAS
AGROECOLÓGICAS DE PUNO”**

TESIS

PRESENTADA POR:

MARIO MOLINA SAGUA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PUNO – PERÚ

2016



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

“EVALUACIÓN FENOLÓGICA Y VARIACIÓN DEL RENDIMIENTO
DE CULTIVARES NATIVOS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*
Willdenow) EN TRES ZONAS AGROECOLÓGICAS DE PUNO”

TESIS PRESENTADA POR:

MARIO MOLINA SAGUA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE	:	 _____ Ph.D. Ángel MUJICA SÁNCHEZ
PRIMER MIEMBRO	:	 _____ M.Sc. Juan LARICO VERA
SEGUNDO MIEMBRO	:	 _____ Ing. E. Humberto SERRUTO COLQUE
DIRECTOR DE TESIS	:	 _____ X Dr. Ernesto Javier CHURA YUPANQUI
ASESOR DE TESIS	:	 _____ Dr. Félix Alonso ASTETE MALDONADO
ASESOR DE TESIS	:	 _____ M.C. Alipio CANAHUA MURILLO

ÁREA : Ciencias Agrícolas
TEMA : Manejo Agronómico de Cultivos

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 24 DE AGOSTO DEL 2016.

DEDICATORIA

*A Andrés y Lucía mis progenitores
amorosos, a los que este trabajo les hará
muy feliz.*

Mario Molina Sagua

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, por abrirme las puertas a un mundo lleno de esfuerzo y satisfacciones.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, por brindarme las herramientas necesarias para defenderme en el ámbito profesional, que gracias a las enseñanzas de sus docentes forman profesionales de gran sabiduría científica y técnica en las Ciencias de la Ingeniería Agronómica.

A SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología) Puno, en especial al Ingeniero Meteorólogo Sixto Flores Sancho, que nos apoyó sin duda alguna con los datos meteorológicos.

Al proyecto LATINCROP-UNA que contribuyó al fortalecimiento de las capacidades de la conservación dinámica de la AGBD de cultivos subutilizados y priorizados en la región andina.

Doy las gracias al Dr. Ernesto Chura Yupanqui, Director de Tesis y Dr. Felix Alonso Astete Maldonado, Asesor de Tesis, por ser quienes con sus conocimientos brindaron el asesoramiento oportuno en la realización del proyecto.

De manera especial al Ingeniero Ing. M.C. Alipio Canahua Murillo, por ser el apoyo incondicional de sus conocimientos, que gracias a sus enseñanzas y asesoramiento se logró culminar el trabajo de investigación.

Debo dar las gracias a los señores laboratoristas de la escuela profesional de Ingeniería Agronómica: Benito Fernández Calloapaza laboratorista de suelos, Felix Coila Humpiri laboratorista de fitopatología y Luciano Dueñas Quispe laboratorista de semillas, por su ayuda en el análisis de las muestras en laboratorio.

Mario

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN.....	19
ABSTRACT	20
INTRODUCCIÓN	21
CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	23
1.2 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
1.2.1 Fenología de la quinua	24
1.2.2 Razas de quinua.....	30
1.2.3 Zonificación ecológica	34
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	36
1.3.1 Objetivo general	36
1.3.2 Objetivos específicos.....	36
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO, MARCO CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	37
2.1 MARCO TEÓRICO.....	37
2.1.1 Origen de la quinua	37
2.1.2 Distribución geográfica	37
2.1.3 Los Tipos de quinua y su distribución en Sud América.....	37

2.1.4	Importancia de la biodiversidad de la quinua.....	39
2.1.5	Conservación de recursos fitogenéticos	39
2.1.6	Conservación <i>In situ</i>	40
2.1.7	Taxonomía de la quinua	40
2.1.8	Descripción botánica de la quinua	41
2.1.9	Características agroclimáticas	43
2.1.10	Características de resistencia y tolerancia de plantas ante diferentes factores de estrés abióticos.....	44
2.1.11	Resistencia / tolerancia a estreses bióticos (enfermedades e insectos) ...	47
2.1.12	Zonificación agroecológica	49
2.1.13	Producción de la quinua en Puno	52
2.2	MARCO CONCEPTUAL.....	53
2.3	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	62
2.3.1	Hipótesis general	62
2.3.2	Hipótesis específica.....	62
CAPITULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		63
3.1	MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	63
3.2	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	65
3.2.1	Conducción del experimento.....	65
3.2.2	Método para la evaluación de la fenología.....	65
3.2.3	Parámetro de evaluación del rendimiento de la quinua.....	66

3.2.4	Método para la evaluación para la susceptibilidad al estrés abiótico.....	66
3.2.5	Métodos para la evaluación para la susceptibilidad al estrés biológico ..	66
3.3	DISEÑO ESTADÍSTICO	68
3.4	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	71
CAPÍTULO IV. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN		72
4.1	ÁMBITO DE INVESTIGACIÓN	72
4.2	CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS.....	74
CAPITULO V. EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS		76
5.1	VARIACIÓN DE LA FENOLOGÍA DE CULTIVARES DE QUINUA EN ZONAS AGROECOLÓGICAS.....	76
5.1.1	Días a la emergencia	78
5.1.2	Días a ramificación.....	80
5.1.3	Días a inicio de formación de panoja	82
5.1.4	Días a floración	85
5.1.5	Días a grano lechoso	87
5.1.6	Días a grano pastoso.....	88
5.1.7	Días a madurez fisiológica	90
5.1.8	Altura de la planta en su madurez Fisiológica	92
5.2	DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DE GRANO DE 19 CULTIVARES DE QUINUA EN TRES ZONAS AGROECOLÓGICAS.....	93
5.2.1	Rendimiento de grano	93

5.2.2	Diámetro de grano	98
5.2.3	Peso Hectolítrico	99
5.2.4	Presencia de plagas (aves).....	100
5.2.5	Presencia de enfermedades.....	104
5.2.6	Resistencia a heladas.....	106
5.2.7	Resistencia a granizadas.....	110
CONCLUSIONES.....		113
RECOMENDACIONES		115
BIBLIOGRAFÍA		116
ANEXOS.....		122

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Comparación de las diferentes investigaciones sobre las fases fenológicas de la quinua en la región Puno, desde el año 1977 hasta el año 2013.....	25
Tabla 2: Tipos o razas de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) según el conocimiento de las comunidades campesinas de la cuenca del Titicaca en Puno.	31
Tabla 3: Características climáticas de las zonas agroecológicas de la región Puno.	34
Tabla 4: Propuestas metodológicas de diferentes zonificaciones de la zona alto andina del Perú.	35
Tabla 5: Producción de quinua (t) en la región Puno, desde la campaña agrícola 2012 al 2016.	52
Tabla 6: Superficie cosechada y producción de quinua en la región Puno, durante los años 2015 y 2016.	53
Tabla 7: Origen y características morfológicas de 18 cultivares nativos y una variedad de quinua del altiplano peruano.	64
Tabla 8: Escala de susceptibilidad para factores abióticos, propuesto por Bioversity Internacional.	66
Tabla 9: Escala de susceptibilidad para factores bióticos, propuesto por Bioversity Internacional.	67
Tabla 10: Escala de cuantificación de daños para aves plaga, propuesta por INIA.	68
Tabla 11: Fuentes de variación y grados de libertad del diseño estadístico.	70
Tabla 12: Distribución de tratamientos por zonas agroecológicas en la campaña agrícola 2014 – 2015.	70
Tabla 13: Ubicación de las estaciones meteorológicas en las tres zonas agroecológicas de la región Puno.	74

Tabla 14: Análisis de varianza para 19 cultivares de quinua (<i>Cheopodium quinoa</i> Willd.) evaluados en sus distintas fases fenológicas en tres zonas agroecológicas del departamento de Puno, 2015.	77
Tabla 15: Análisis de varianza para altura de planta (m), a la madurez fisiológica de 19 cultivares de quinua en tres zonas agroecológicas de Puno.	92
Tabla 16: Análisis de varianza para rendimiento de grano (kg/ha) de 19 cultivares de quinua en tres zonas agroecológicas de Puno.....	93
Tabla 17: Orden de méritos de las cultivares para rendimiento de grano (kg/ha) dentro de cada zona agroecológica.....	95
Tabla 18: Análisis de varianza para diámetro de grano (mm) de 19 cultivares de quinua, en tres zonas agroecológicas del departamento de Puno.....	98
Tabla 19: Análisis de varianza para porcentaje de daño de aves a 19 cultivares de quinua en tres zonas agroecológicas.	100
Tabla 20: Comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0.05$) para porcentaje de daño por aves graníferas a 19 cultivares de quinua en tres zonas agroecológicas.	101
Tabla 21: Análisis de varianza para 19 cultivares de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) afectados con mildiu (<i>Peronospora variabilis</i> Gäum.). En tres zonas agroecológicas de la región Puno, 2014.....	104
Tabla 22: Análisis de varianza de 19 cultivares de quinua para susceptibilidad a heladas en tres zonas agroecológicas.	106
Tabla 23: Análisis de varianza de 19 cultivares de quinua para susceptibilidad a granizo en tres zonas agroecológicas.	111
Tabla 24: Orden de mérito para 19 cultivares quinua afectados por granizo en tres zonas agroecológicas del departamento de Puno, durante la campaña agrícola 2014 – 2015.....	111

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1:</i> Distribución de los centros de mayor diversidad de quinua en el departamento de Puno.	51
<i>Figura 2:</i> Mapa de ubicación de la zona Circunlacustre en la región Puno.	72
<i>Figura 3:</i> Mapa de ubicación de la zona Suni baja en la región Puno.	73
<i>Figura 4:</i> Mapa de ubicación de la zona Suni alta en la región Puno.	73
<i>Figura 5:</i> Histograma de temperaturas mínimas durante la campaña agrícola 2014-2015 en tres zonas agroecológicas de la región Puno.	74
<i>Figura 6:</i> Histograma del promedio mensual de temperaturas máximas en la campaña agrícola 2014-2015 en tres zonas agroecológicas de la región Puno.	75
<i>Figura 7:</i> Histograma de precipitación acumulada mensual, durante la campaña agrícola 2014-2015 en tres zonas agroecológicas de la región Puno.	75
<i>Figura 8:</i> Comparación de días a la emergencia de plántulas en cada zona agroecológica durante la campaña agrícola 2014-2015.	78
<i>Figura 9:</i> Precipitación acumulada en zona Circunlacustre y Suni alta en el mes de octubre 2015.	79
<i>Figura 10:</i> Precipitación pluvial acumulada en la zona suni baja para el mes de noviembre 2015.	79
<i>Figura 11:</i> Interacción de zonas agroecológicas y cultivares de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) para la variable emergencia de plántulas. Puno, 2015.	80
<i>Figura 12:</i> Comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0.05$) para días a la ramificación de 19 cultivares de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.). Puno, 2015.	81

<i>Figura 13:</i> Interacción de zonas agroecológicas y cultivares de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) para la variable días a la ramificación. Puno, 2015.....	82
<i>Figura 14:</i> Comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0.05$) para días al panojamiento de 19 cultivares de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.). Puno, 2015.....	83
<i>Figura 15:</i> Conformación de panojas de diferentes cultivares de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) en la zona agroecológica Circunlacustre del departamento de Puno. Campaña agrícola 2014-2015.....	84
<i>Figura 16:</i> Interacción de 3 zonas agroecológicas y 19 cultivares de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) para la variable días a panojamiento, Puno, 2015.....	85
<i>Figura 17:</i> Comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0.05$) para días a la floración de 19 cultivares de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.). Puno, 2015.	85
<i>Figura 18:</i> Interacción de 3 zonas agroecológicas y 19 cultivares de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) para la variable días a la floración, Puno, 2015.....	86
<i>Figura 19:</i> Comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0.05$) para días a la formación de grano lechoso de 19 cultivares de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.). Puno, 2015.....	87
<i>Figura 20:</i> Interacción de 3 zonas agroecológicas y 19 cultivares de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) para la variable días a la formación de grano lechoso, Puno, 2015.....	88
<i>Figura 21:</i> Comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0.05$) para días a la formación de grano pastoso de 19 cultivares de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.). Puno, 2015.....	89

<i>Figura 22:</i> Interacción de 3 zonas agroecológicas y 19 cultivares de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) para la variable días a la formación de grano pastoso, Puno, 2015.....	89
<i>Figura 23:</i> Comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0.05$) para días a la madurez fisiológica de 19 cultivares de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.). Puno, 2015.....	90
<i>Figura 24:</i> Interacción de 3 zonas agroecológicas y 19 cultivares de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) para la variable días a la madurez fisiológica, Puno, 2015.....	91
<i>Figura 25:</i> Comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0.05$) para altura de planta de 19 cultivares de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.). Puno, 2015. Valores con la misma letra no son notablemente diferentes al 5% de probabilidad.	92
<i>Figura 26:</i> Interacción de 3 zonas agroecológicas y 19 cultivares de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) para la variable rendimiento de grano, Puno, 2015.....	96
<i>Figura 27:</i> Comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0.05$) para la variable rendimiento de grano en kg/ha de 19 cultivares de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.). Puno, 2015.	97
<i>Figura 28:</i> Comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0.05$) para la variable diámetro de grano en mm de 19 cultivares de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.). Puno, 2015.....	98
<i>Figura 29:</i> Análisis del Peso hectolítrico de 19 cultivares de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) en la zona Circunlacustre de Puno, 2015.....	99

<i>Figura 30:</i> Aves plaga que dañan con más frecuencia al cultivo de quinua en 3 zonas agroecológicas	103
<i>Figura 31:</i> Porcentaje del ABCPPV en 19 cultivares de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.). Valores con la misma letra no son diferentes al 5% de probabilidad.....	105
<i>Figura 32:</i> Porcentaje del ABCPPV para mildiu (<i>Peronospora variabilis</i> Gäum.) en tres zonas agroecológicas del departamento de Puno.....	105
<i>Figura 33:</i> Comparación múltiple de Tukey para la variable daño por heladas a los cultivares de quinua en las Zonas Agroecológicas de Puno.	106
<i>Figura 34:</i> Comparación múltiple de Tukey para el porcentaje de daño por heladas de 19 cultivares de quinua en la zona agroecológica Suni baja de Puno, 2015.....	107
<i>Figura 35:</i> Determinación de la primera, última, y periodo libre de heladas. Temperatura umbral=0°C, estación Illpa	108
<i>Figura 36:</i> Cultivar Mistura y Pasankalla rosada afectado por bajas temperaturas (helada)	108
<i>Figura 37:</i> Determinación de la primera, última, y periodo libre de heladas. Temperatura umbral=0°C, estación Juli.....	109
<i>Figura 38:</i> Determinación de la primera, última, y periodo libre de heladas. Temperatura umbral=0°C, estación Acora.	110
<i>Figura 39:</i> Diferencias del Cultivar Pasankalla ploma y el cultivar Witulla afectadas con granizo.	112
<i>Figura 40:</i> Aleatorización y siembra de cultivares nativos de quinua.	141
<i>Figura 41:</i> Seguimiento de la evaluación fenológica de los cultivares nativos de quinua en la zona Circulacustre de Puno (Juli).	142

<i>Figura 42:</i> Severidad del mildiu en el cultivar nativo Mistura en la zona agroecológica Suni baja de Puno (Plateria).....	142
<i>Figura 43:</i> Evaluación de la resistencia de los cultivares nativos de quinua al daño ocasionado por helada en la zona Suni alta de Puno (Illpa).....	143
<i>Figura 44:</i> Evaluación de la resistencia de los cultivares nativos de quinua al daño ocasionado por granizada en la zona Suni alta de Puno (Illpa).	143
<i>Figura 45:</i> Evaluación de la resistencia de los cultivares nativos de quinua al daño ocasionado por aves en la zona agroecológica Circunlacustre de Puno (Juli).....	144
<i>Figura 46:</i> Exposición de los resultados del rendimiento de grano de los cultivares nativos de quinua.....	144

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Distribución de parcelas en cada zona agroecológica.	123
Anexo 2: Cálculo de porcentaje de la fase observada en cultivos anuales.	124
Anexo 3: Planilla fenológica mensual para cultivos anuales.....	125
Anexo 4: Escala diagramática para el cálculo de porcentaje de área afectada por mildiu en quinua.	126
Anexo 5: Registro de las fases fenológicas en la zona Circunlacustre.....	127
Anexo 6: Registro de las fases fenológicas en la zona Suni baja.....	128
Anexo 7: Registro de las fases fenológicas en la zona Suni alta.....	129
Anexo 8: Altura de plantas de los cultivares en las tres zonas agroecológicas durante la campaña 2014-2015	130
Anexo 9: Promedio del diámetro de grano de 19 cultivares en tres zonas agroecológicas.....	131
Anexo 10: Rendimiento de grano promedio en kg/parcela y kg/ha de 19 cultivares de quinua en tres zonas agroecológicas.....	132
Anexo 11: Promedio general del Peso hectolítrico de 19 cultivares nativos de quinua en la zona Circunlacustre.	133
Anexo 12: Datos meteorológicos durante el ciclo de cultivo (2014-2015).....	134
Anexo 13: Promedios generales del porcentaje (%) de incidencia del mildiu a 19 cultivares de quinua, en tres zonas agroecológicas.....	135
Anexo 14: Promedios generales del porcentaje (%) de daño por plagas ave a 19 cultivares de quinua, en tres zonas agroecológicas.....	136
Anexo 15: Promedios generales del porcentaje de daño por helada a 19 cultivares de quinua, en tres zonas agroecológicas.	137

Anexo 16: Promedios generales del porcentaje de daño por granizada a 19 cultivares de quinua, en tres zonas agroecológicas.....	138
Anexo 17: Análisis de caracterización de suelos de tres localidades del departamento de Puno.....	139
Anexo 18: Instrumentos de medición para recolección de datos de la investigación.	140
Anexo 19: Especificaciones de los términos del modelo para el tratamiento de datos en el software estadístico INFOSTAT V. 2015.	141
Anexo 20: Panel fotográfico de las actividades realizadas durante la conducción de la investigación.	141

INDICE DE ACRÓNIMOS

AGBD	: Agro biodiversidad.
ANVA	: Análisis de Varianza.
ABCPPV	: Área Bajo la Curva de Progreso de <i>Peronospora variabilis</i> Gäum.
CIID	: Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo.
CONCYTEC	: Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica
DRA	: Dirección Regional Agraria.
DRAE	: Diccionario de la Real Academia Española.
FAO	: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
IBPGR	: Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos.
INIAA	: Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial.
INIA	: Instituto Nacional de Innovación Agraria.
INIAP	: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
IPGRI	: Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos.
MINAM	: Ministerio del Ambiente.
ONERN	: Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales.
PISA	: Proyecto de Investigación de Sistemas Agropecuarios Andinos.
SENAMHI	: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.
UNA	: Universidad Nacional del Altiplano.

RESUMEN

El origen y la diversidad genética de la quinua se encuentran en el altiplano de Perú y Bolivia, donde nuestros ancestros clasificaron esta diversidad genética en diferentes usos que actualmente se desconoce y no está siendo valorada. Entonces el objetivo de la investigación fue conocer la variación fenológica, rendimiento de grano y resistencia a factores bióticos y abióticos de 19 cultivares nativos de quinua en tres zonas agroecológicas de Puno, la cual han sido instaladas en bloques completamente al azar con estructura anidada de tratamientos en las tres zonas, durante la campaña agrícola 2014 - 2015. Los resultados mostraron diferencias significativas en todas las fuentes de verificación, referente a variabilidad fenológica hubo mayor diferencia en la fase de madurez fisiológica que se clasificó en: precoces, las cultivares Witulla, Q'oitu rojo, Q'oitu caoba, Q'oitu blanco y Chaucha rosada con medias de 153 días a la madurez fisiológica, como semi precoces Blanca de Juli, Pasankalla ploma, Pasankalla rosada, Wariponcho, Mistura, Choclito, Chullpi blanco, Cuchiwila y Kancolla (161.78 a 164.44 días) y tardías Chullpi rojo, Chajcha, Salcedo INIA, Rosada y Mestiza (191.11 a 196.11 días). En cuanto a rendimiento de grano, el cultivar Wariponcho fue más estable en las tres zonas (2871.74 kg/ha), mientras en la zona Circunlacustre la cultivar Blanca de Juli fue superior (4931 kg/ha), en la zona Suni baja fue Choclito (2777.67 kg/ha) y en la zona Suni alta la cultivar Q'oitu rojo (2192.09 kg/ha). Respecto a resistencia a factores bióticos y abióticos, fueron notables los daños por aves, mildiu, heladas y granizadas, donde para aves fueron resistentes las cultivares chullpis (0.1% de daño), para mildiu resultaron resistentes Wariponcho y Chajcha (17-20% de ABPPV), para heladas resultaron resistentes las cultivares con susceptibilidad baja (22.7 a 55% de daño) y para granizadas fueron resistentes las cultivares Salcedo INIA y Witulla con 22 a 24.6% de daño.

Palabras Clave: fenología, rendimiento, quinua nativa, zona agroecológica, resistencia.

ABSTRACT

The origin and genetic diversity of quinoa are found in the highlands of Peru and Bolivia, where our ancestors classify this genetic diversity into different uses that are currently unknown and not being valued. Then, the objective of the investigation was to know the phenological variation, grain yield and resistance to biotic and abiotic factors of 19 native quinoa crops in three agroecological zones of Puno, which have been installed in completely randomized blocks with nested structure of treatments in the three zones, during the 2014-2015 agricultural campaign. The results of the differences in differences in all the sources of verification, reference to the phenological variability, there was a greater difference in the phase of physiological maturity that was classified in: early, the cultivars Witulla, Q'oitu rojo, Q'oitu caoba, Q'oitu blanco and Chaucha rosada with averages of 153 days at physiological maturity, as a precocious medium Blanca de Juli, Pasankalla ploma, Pasankalla rosada, Wariponcho, Mistura, Choclito, Chullpi blanco, Cuchiwila and Kancolla (161.78 to 164.44 days) and late Chullpi rojo, Chajcha, Salcedo INIA, Rosada and Mestiza (191.11 to 196.11 days). In terms of grain yield, the Wariponcho crop was more stable in the three zones (2871.74 kg / ha), while in the Circunlacustre zone the Blanca de Juli crop was higher (4931 kg / ha), in the Suni baja zone it was Choclito (2777.67 kg / ha) and in the Suni alta zone cultivate the Q'oitu rojo (2192.09 kg / ha). Regarding resistance to biotic and abiotic factors, the damages caused by birds, mildiu, frost and hail were notable, where the birds were resistant to chullpis crops (0.1% damage), for war mildiu, Wariponcho and Chajcha were resistant (17-20 % of ABPPV), for frosts they were resistant to crops with low susceptibility (22.7 to 55% damage) and for hailstorms they were resistant to Salcedo INIA and Witulla crops with 22 to 24.6% damage.

Keywords: phenology, yield, native quinoa, agroecological zone, resistance.

INTRODUCCIÓN

Las características agroclimáticas del altiplano peruano hacen que la agricultura sea una actividad permanente de alto riesgo, entre los factores adversos abióticos más dañinos y generalizados tenemos a las sequías, heladas, granizadas, nevadas, salinidad de suelos, inundaciones y vientos (Mujica et al. 2004), frente a estos factores abióticos los antiguos habitantes supieron seleccionar genes que se adaptan a estos riesgos, sin embargo, por la actual demanda de quinua en su mayoría quinuas blancas se viene extinguiendo algunos cultivares nativos. A esto se suma el reciente cambio climático y repercuten en la conservación de los recursos genéticos de la quinua, así como la destrucción de su hábitat natural (Jaramillo y Baena, 2000). Entonces es necesario realizar investigaciones, revalorar conocimientos campesinos sobre estos cultivares nativos de quinua, con el objetivo de encontrar, producir y de conservar genes de resistencia a la tolerancia de factores abióticos y bióticos, que permitan contrarrestar estos factores adversos en el altiplano peruano. Los cultivares nativos de quinua, actualmente conforman poblaciones pequeñas y aisladas, hallándose la mayor diversidad en las aynokas y en los campos comunales de las comunidades campesinas (Canahua et al., 2002). Hoy en día, estas poblaciones se van perdiendo y requieren la urgente conservación de sus semillas, para lo cual se debe realizar la caracterización de los cultivares nativos, que nos permita establecer una relación de complementariedad entre los saberes de los ancestros “crianza” de la agro-biodiversidad, con los conocimientos y métodos actuales para que permitan una clasificación apropiada (Tapia et al., 2014).

La presente investigación busca contribuir al conocimiento científico sobre las características agronómicas promisorias de estos cultivares nativos, su rango de adaptación, el rendimiento de grano en cada zona agroecológica, la conservación de estos

recursos genéticos y usos tradicionales que podrían ser clasificado y agrupados en razas.

Para lo cual la investigación se aborda en 5 capítulos:

En el primer capítulo, se incursiona el planteamiento del problema, antecedentes y los objetivos. El segundo capítulo, expone el marco teórico, marco conceptual e hipótesis. El tercer capítulo, enfoca la metodología de la investigación. En el capítulo cuarto, se caracteriza el área de investigación, las condiciones climáticas de las zonas de estudio. Finalmente, en el capítulo cinco, se desarrolla la exposición y análisis de los resultados.

CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La cuenca del Titicaca, es el centro de origen principalmente de la quinua, (*Chenopodium quinoa* Willd.). Este cultivo desde hace 7,000 años fue el principal alimento de las culturas antiguas, donde existían una variabilidad de cultivares y parientes silvestres adaptadas en diferentes zonas agroecológicas como: Circunlacustre del lago Titicaca, Suni y Puna húmeda en la región Puno, entonces la ecología y variaciones climáticas en estas zonas agroecológicas hicieron que los cultivares se diferencien en: adaptaciones al suelo, fenología, resistencia a factores adversos y rendimientos diferentes de estos cultivares nativos de quinua.

Actualmente la producción de la quinua está siendo orientada como un cultivo orgánico para el mercado nacional e internacional, olvidando su papel tradicional como un cultivo de subsistencia, causando la creciente marginación de muchos cultivares nativos de quinua y una pérdida continua son los conocimientos agrícolas tradicionales (Rojas et al., 2009). A esta situación actual de la quinua, se suma la ausencia de lluvias en épocas de siembra, desconocimiento de los nuevos productores de quinua sobre la adaptación o zonas homogéneas de producción de los cultivares de quinua, la presencia de heladas en ciertas etapas fenológicas, sequías y/o veranillos, plagas, enfermedades entre otros factores, resultando la baja producción agrícola en la región Puno, “rendimientos que oscilan entre 600 a 1,000 kg/ha en cultivos tradicionales” (Tapia, 1999).

Se espera que la pérdida de la agro biodiversidad tenga consecuencias de largo alcance, especialmente en los medios de vida de las comunidades agrícolas

indígenas pobres (Drucker et al., 2014). Tales comunidades juegan un papel clave en la conservación de especies, variedades o razas con caracteres adaptativos únicos (por ejemplo, cultivares precoces, resistencia a enfermedades, plagas, tolerancia a la sequía, etc.) desarrollados durante miles de años de domesticación en una amplia gama de entornos.

En la actualidad existe poca información sobre los registros, bibliografía a cerca de la realidad de producción de los cultivares nativos de quinua, pero aún existe el conocimiento de los campesinos sobre las bondades de estos cultivares nativos de quinua. Entonces el planteamiento de las preguntas para la investigación es:

Problema general

¿Existe varianzas de la fenología y el rendimiento de los cultivares nativos de quinua en las tres zonas agroecológicas?

Problemas específicos

¿Existe diferencia de la fenología entre los cultivares nativos de quinua?

¿Existe diferencia en el rendimiento de los cultivares nativos de quinua?

¿Influyen los factores abióticos (heladas, granizadas) y factores biológicos (plagas, enfermedades) en el comportamiento y la producción de la quinua en las zonas agroecológicas de Puno?

1.2 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Fenología de la quinua

Flores (1977) describe la fenología de quinua en cinco etapas y seis fases fenológicas, Espindola (1992) describe a la quinua en nueve etapas y diez fases fenológicas y Mujica y Canahua (1989 citado en Mujica et al., 2013) describen trece etapas y catorce fases fenológicas.

En la Tabla 01, se comparan las diferentes etapas y fases fenológicas de la quinua, que han sido investigadas por los tres autores desde el año 1977 hasta la actualidad.

Tabla 1: Comparación de las diferentes investigaciones sobre las fases fenológicas de la quinua en la región Puno, desde el año 1977 hasta el año 2013.

Etapas	Flores (1977)	Espíndola (1992)	Mujica et al. (2013)
1	Siembra – emergencia	Siembra – emergencia	Siembra – emergencia
2	Emergencia – 2 hojas	Cotiledonar	2 hojas verdaderas
3	2 hojas – panojamiento	5 hojas verdaderas	4 hojas verdaderas
4	Panojamiento – floración	Predespunte de panoja	6 hojas verdaderas
5	Floración – maduración	Despunte de panoja	Ramificación
6	-	Floración	Inicio de panojamiento
7	-	Estado lechoso	Panojamiento
8	-	Estado masoso	Inicio de floración
9	-	Madurez fisiológica	Floración
10	-	-	Grano acuoso
11	-	-	Grano lechoso
12	-	-	Grano pastoso
13	-	-	Madures fisiológica
14	-	-	Madurez de cosecha

FUENTE: Elaboración propia (2015).

Mujica (2006) describe la fenología de la quinua, según conocimiento del campesino quechua y aymara que atraviesa por catorce fases fenológicas importantes y claramente distinguibles, habiéndose determinado y nominado las siguientes:

1.- Jatarisca, chillktata (emergencia)

Es cuando los cotiledones aun unidos emergen del suelo a manera de una cabeza de fósforo y es distinguible solo cuando uno se pone al nivel del suelo, en esta etapa es muy susceptible de ser consumido por las aves por su succulencia y

exposición de la semilla encima del talluelo, ello ocurre de los 5-6 días después de la siembra, en condiciones adecuadas de humedad.

2.- Iscay j'kallo, paalaka (hojas cotiledonales)

Es cuando los cotiledones emergidos se separan y muestran las dos hojas cotiledonales extendidas de forma lanceolada angosta, pudiendo observarse en el surco las plántulas en forma de hilera nítida, en muchos casos se puede distinguir la coloración que tendrá la futura planta sobre todo las pigmentadas de color rojo o púrpura, también en esta fase es susceptible al daño de aves, debido a la carnosidad de sus hojas, esto ocurre de los 7-10 días de la siembra.

3.- Iscay r'appi, paalaphi (dos hojas verdaderas)

Es cuando, fuera de las dos hojas cotiledonales, aparecen dos hojas verdaderas extendidas que ya tienen forma romboidal y con nervaduras claramente distinguibles y se encuentran en botón foliar el siguiente par de hojas, ocurre de los 15-20 días de la siembra, mostrando un crecimiento rápido del sistema radicular, en esta fase puede ocurrir el ataque de los gusanos cortadores de plantas tiernas como: Ticuchis (*Copitarsia turbata*), (*Feltia experta*).

4.- Tawa r'appi, pusilaphi (cuatro hojas verdaderas)

Es cuando ya se observa dos pares de hojas verdaderas completamente extendidas y aún se nota la presencia de las hojas cotiledonales de color verde, encontrándose en botón foliar las siguientes hojas del ápice de la plántula e inicio de formación de botones en las axilas del primer par de hojas; ocurre de los 25-30 días después de la siembra, en esta fase la planta tiene buena resistencia a la sequía y al frío, porque ha extendido fuertemente sus raíces y muestra movimientos drásticos nocturnos cuando hace frío, dada la presencia de hojas tiernas, se inicia

el ataque de insectos masticadores de hojas como: Pulguilla saltona y Loritos (*Epitrix* spp.), (*Diabrotica*), sobre todo cuando hay escasez de lluvias.

5.- Socta r'appi, thayampi anajtje (seis hojas verdaderas)

Se observa tres pares de hojas verdaderas extendidas, tornándose de color amarillento las hojas cotiledonales y algo flácidas, se notan ya las hojas axilares, desde el estado de formación de botones hasta el inicio de apertura de botones del ápice a la base de la plántula, esta fase ocurre de los 35-45 días de la siembra, en la cual se nota con mayor claridad la protección del ápice vegetativo por las hojas más adultas, especialmente cuando se presentan bajas temperaturas y sequía.

6.- Chascariy, utanoqtata (ramificación)

Se nota 8 hojas verdaderas extendidas y extensión de las hojas axilares hasta la tercera fila de hojas en el tallo, las hojas cotiledonales se caen y dejan cicatrices claramente notorias en el tallo. También se observa la presencia de la inflorescencia protegida por las hojas sin dejar al descubierto la panoja, ocurre de los 45 a 50 días de la siembra. En esta fase se efectúa el aporque para las quinuas de valle, así mismo es la etapa de mayor resistencia al frío y se nota con mucha nitidez la presencia de cristales de oxalato de calcio en las hojas dando una apariencia cristalina e incluso de colores que caracterizan a los distintos genotipos, debido a la gran cantidad de hojas es la etapa en la que mayormente se consume las hojas como verdura. Hasta esta fase el crecimiento de la planta pareciera lento, luego empieza a alargarse rápidamente y la planta ya se nota bien establecida y entre plantas se observa cierto acercamiento.

7.- Philillo (inicio panojamiento)

La inflorescencia se ve que va emergiendo del ápice de la planta, observándose alrededor aglomeraciones de hojas pequeñas con bastantes cristales

de oxalato de calcio, las cuales van cubriendo a la panoja en sus tres cuartas partes. Esto ocurre entre los 55 a 60 días de la siembra; así mismo se puede ver amarillamiento del primer par de hojas verdaderas (hojas que dejaron de ser fotosintéticamente activas) y se produce una fuerte elongación del tallo, así como engrosamiento. En esta fase ocurre el ataque de la primera generación de *Eurisacca quinoae* Povolny (Kcona-Kcona). En esta fase, la parte más sensible a las heladas es por debajo del ápice de la planta y en caso de severas bajas de temperatura que afectan a la planta, se produce el colgado del ápice.

8.- Pichicho sayayña, luruk'uqallta (panojamiento)

La inflorescencia sobresale con mucha nitidez por encima de las hojas superiores, notándose los glomérulos de la base de la panoja, los botones florales individualizados sobre todo los apicales que corresponderán a las flores pistiladas. Esta etapa ocurre de los 65 a 70 días de la siembra, a partir de esta etapa se puede consumir las panojas tiernas como verdura.

9.- Ttica pakariy, panqaraamuchi (inicio de floración)

Es cuando las flores hermafroditas apicales de los glomérulos conformantes de la inflorescencia se encuentran abiertos, mostrando los estambres separados de color amarillento, ocurre de los 75 a 80 días de la siembra, en esta fase es bastante sensible a la sequía y heladas, también ocurre amarillamiento y defoliación de las hojas inferiores sobre todo aquellas de menor eficiencia fotosintética.

10.- Tticari, panqara q'elljtata (floración)

Es cuando el 50% de las flores de la inflorescencia principal (cuando existan inflorescencias secundarias) se encuentran abiertas, esto ocurre entre los 90 a 100 días de la siembra, esta fase es muy sensible a las heladas, pudiendo

resistir solo hasta -2°C , debe observarse esta etapa al medio día, ya que en horas de la mañana y al atardecer las flores se encuentran cerradas, por ser heliófilas, así mismo la planta elimina en mayor cantidad las hojas inferiores que son menos activas fotosintéticamente y existe abundancia de polen en los estambres que tienen una coloración amarilla.

11.- Muccu quiuna, lichintata (grano lechoso)

Fase cuando los frutos al ser presionados entre las uñas de los dedos pulgares, explotan y dejan salir un líquido lechoso, ocurre de los 100 a 130 días de la siembra. En esta fase el déficit de agua es perjudicial para la producción.

12.- Kuccu quiuna, tikantata (grano pastoso)

Es cuando los frutos al ser presionados presentan una consistencia pastosa de color blanco, ocurre de los 130 a 160 días de la siembra, en esta fase el ataque de la segunda generación de *Eurisacca quinoae* Povolny (Kcona-Kcona) causa daños considerables, así mismo el déficit de humedad afecta fuertemente a la producción.

13.- Pokoscca, luruk'u t'asurata (madurez fisiológica)

Es la fase en la que la planta completa su madurez, se reconoce cuando los granos al ser presionados por las uñas presentan resistencia a la penetración, ocurre de los 160 a 180 días de la siembra, en esta etapa el contenido de humedad del grano varía de 14 a 16 %, el lapso comprendido desde la floración hasta la madurez fisiológica, viene a constituir el período de llenado de grano.

14. Quiuna, cha'juykusqa, chhejchtata (madurez de cosecha)

Es cuando los granos sobresalen del perigonio dando una apariencia de estar casi suelto y listo para desprenderse, la humedad de la planta en esta etapa facilita la trilla.

1.2.2 Razas de quinua

Gonzales (1917) agrupó las quinuas bolivianas tomando en cuenta el color y el sabor de la semilla en: *Ch. album*, *Ch. pallidus*, *Ch. ruber* y *Ch. niger*.

Yacolvilleff y Herrera (1934) agruparon las quinuas cultivadas del Cusco considerando el color del grano y su uso.

Hunziker (1943) con evaluaciones desarrolladas en la Universidad de Córdoba Argentina, Bolivia, Perú y Ecuador, clasificó las quinuas en variedades con base a los colores del grano y la planta como:

- *Ch. quinoa* var. *Viridescens*: plantas verdes, sin pigmentación de antocianinas. (Real, Jupa, Keni).
- *Ch. quinoa* var. *Rubescens*: plantas purpúreas o violáceas, con pericarpio blanco rojizo u ocreáceo. (Airampo, Huila, Kanallapi, Cami).
- *Ch. quinoa* var. *Lutescens*: plantas amarillo-verdosas, con estrías rojizas sobre el tallo y pericarpio dorado. (Kello, Choque pitu, Jarú).
- *Ch. quinoa* var. *Melanospermum*: semillas negras redondeado. (Kcoitu).

Cárdenas (1944) clasificó tomando en cuenta todos los órganos de la planta, introduciendo una concepción clara y completa para distinguir variedades y formas, de acuerdo al tipo de inflorescencia las agrupa en:

- Amarantiformes, formas *subviridens*, *lilacinea*, *albido-cinerea*, (Camihupa), *roso cinérea* (Real), *rubinervia*, *leucoflavosperma* y (*Huatajonata*).
- Glomeruladas, incluye las formas *graciflor*, (Jarú), *albo lucida*, *kcella*, *parvaincrassaia*, *melanosperma*, *purpuricaule*, *pillapensis* (Choquepito).
- Intermedia, con las formas *pseudo amarantiforme* y *albida macrosperma*.

Gandarillas (1968) presentó el primer estudio de razas de quinua en base

a caracteres mayores, como el hábito de crecimiento, tipo de inflorescencias, tamaño del grano y contenido de saponina y en menor grado la forma de la hoja y su nervadura, evaluando una colección de accesiones de los bancos de germoplasma de Bolivia y del Perú, y una recolección preliminar en Ecuador.

Gandarillas et al. (1989) en el Programa de Cultivos Andinos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), con el auspicio del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID) y del Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos (IBPGR), publicaron la descripción de las razas de quinua para el Ecuador como: “Imbabura” “Pichincha” “Illiniza” “Antisana” “Chimborazo” “Bueran”.

Canahua (2012) caracterizó los tipos o razas de quinua en base al conocimiento campesino, respetando las denominaciones campesinas (quechua y aimara), priorizando las características de color, forma de la panoja, tipo de grano, contenido de saponina y calidad del almidón. En la Tabla 2 se puede observar la descripción de las principales razas de quinua en el altiplano peruano.

Tabla 2: Tipos o razas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) según el conocimiento de las comunidades campesinas de la cuenca del Titicaca en Puno.

Tipo o razas de quinua	Nombres en culturas		Adaptación y usos
	Aymara	Quechua	
Quinuas blancas	Hanqo jiura o hanqo jupa	Yurak quiuna	El más conocido y difundido en el mercado (desde la década de los 60'), adaptado en zonas con menor riesgo de heladas. Epicarpio y epispermo blanco, contenido de saponina variable. Diversas formas de consumo: sopas, graneado, purés, pasteles, torrijas, harinas. Variedades comerciales en Puno: Kancolla, Blanca de Juli, , Cheweka; Tahuaco I, Salcedo INIA, etc.

FUENTE: Canahua (2012).

Continuacion de la Tabla 2.

Chulpi o real	Pesquejiura o realjiura	Pesquequiuna o realquiuna	Quinuas hialinas o apariencia vidria, tardías y con alto contenido de saponina en el pericarpio, una vez escarificada y lavada, se consideran como quinuas de alta calidad en sabor, en especial en purés y sopas. Tolerante al ataque de aves, roedores y polillas por su alto contenido de saponina.
Amarilla	Jarujura ó q'ellojiura	Q'elloquiuna	Quinuas tolerantes a heladas, con alto contenido de saponina, pericarpio amarillo, epispermo blanco. Preferida para mazamorra con cal, pasteles (quispiño) y torrijas. Resistente al ataque aves y roedores. Actualmente, está en proceso de mejora, por método de selección masal, la Variedad Wariponcho o Poncho de vicuña (aymara)
Misaquinua	Misajiura o allqajiura	¿?	Quinuas con glomérulos blancos y de colores, pericarpio blanco o de color, semidulces o contenido significativo de saponina. Se usa para preparar comidas (quispiño), torrijas, purés o sopas en ceremonias de misa de difuntos.
Witulla	Witulla	¿?	Quinuas precoces, con pericarpio rojo y epispermo blanco, semidulces. Cultivada mayormente en la zona aymara y áreas con riesgo de heladas. Preferida para torrijas, pasteles (quispiño) y mazamorra con cal.
Q'oitu	Q'oitu	Q'oitu	Quinuas tolerantes a heladas, pericarpio plomo y epispermo negro o castaño, quinua harinera, duro para la molienda, dulce o poco contenido de saponina. Ideal para torrijas, pasteles.
Pasankalla	Jakcujura	Quiunajakcu	Quinua adaptada de zona Circunslacustre o lugares con menor riesgo de heladas. Granos de mayor tamaño, hasta 2.2 mm, pericarpio plomo con manchas rojas y sin contenido de saponina, epispermo castaño rojizo. Se usa para expandidos, consumida como harina tostada similar al tradicional Kañihuaco. Revalorada y rescatada del proceso de extinción desde la década de los 70'. En 1982 se puso en nombre de Pasankalla porque al tostar se expande como maná, que aimara significa Pasankalla.

FUENTE: Canahua (2012).

Continuacion de la Tabla 2.

Guinda	Cuchiwila	Ayrampu	Quinuas tolerantes a heladas y a la radiación solar. Pericarpio granate o guinda. Epispermo negro, castaño o blanco. Hay razas dulces o poco contenido de saponina, los cuales se usa para elaboración de bebidas fermentadas conocidas con chicha en quechua o kusa en aymara. Se utiliza para quispiño en ceremonias como sepelios y Todos los Santos.
Silvestres	Aaara	Ayara	Quinuas silvestres que aparecen, en forma espontánea, en campos de cultivo de quinua. Muy resistentes a variaciones climáticas extremas como sequias, helada, granizo y a enfermedades y a plagas, debido a sus características fisiológicas y morfológicas como el buen desarrollo radicular, hojas carnosas. Dehiscencia o desprendimiento de semillas alta en la maduración. Perigonio adherido a la semilla, Pericarpio, epispermo de colores negro, castaño a castaño rojizo. Los campesinos lo recolectan para alimentar a niños, enfermos, ancianos y a madres gestantes/lactantes, en forma de mazamorra con cal, pasteles (quispiño) y o torrejias.

FUENTE: Canahua (2012).

Solórzano (2013) hizo una clasificación gastronómica y sus posibilidades culinarias de las quinuas, la cual concuerda con la caracterización de las razas de quinua. Solorzano las clasifica a las quinuas en; quinuas amiláceas o blancas, quinuas de las razas de colores, quinuas de razas coriáceas, quinuas de razas vitreas o hialinas.

Tapia et al. (2014) caracterizaron las razas de quinua en el Perú, utilizando información de los campesinos, parámetros morfológicos, fenológicos y de adaptación ecológica, así como el análisis de ciertos caracteres cualitativos y cuantitativos de mayor relevancia. Como resultado de esta investigación,

agruparon las razas de quinua del Perú respetando el conocimiento y las denominaciones de los cultivares en quechua y aymara, clasificándose en once razas para el altiplano como: Cheweca, Blanca de Juli, Kancolla, Cholito, Chullpi, Amarillo o Q'ello, Misa Quinua, Witulla, Quchiwila, Q'oitu y Pasankalla.

1.2.3 Zonificación ecológica

Marca et al. (2011) respecto a las características climáticas de las zonas de producción, mencionan que los parámetros climáticos que influyen directamente en la producción y la calidad de producto de los cultivos son: la precipitación pluvial, temperatura, horas sol, velocidad del viento, humedad relativa, entre otros; de los cuales la precipitación y la temperatura tienen mayor efecto en el rendimiento, producción y calidad del grano. Las provincias potencialmente productoras de quinua se ubican en las zonas agroecológicas Circunlacustre, Suni baja y Suni alta, cada una de estas zonas agroecológicas poseen características climáticas distintas como se muestra en la Tabla 3, razones por las cuales los rendimientos y la calidad de grano varían de una zona a otra, según las variedades y ecotipos adaptados a cada una de las zonas.

Tabla 3: Características climáticas de las zonas agroecológicas de la región Puno.

Zona agroecológica	Distribución (%)	Altitud (m s.n.m.)	Precipitación (mm)	Periodo libre de helada (días)	Temperatura mínima (°C)
Circunlacustre	6	3800-3900	700-737	150-180	5 a -1
Suni	32	3830-4500	600-850	90-145	4 a -8
Puna seca	28	4000-5000	540-600	30-60	1 a -16
Puna Húmeda	8	4000-4800	800-1000	60-110	2 a -10
Cordillera	20	> a 4800	---	0-20	2 a -20
Quechua	6	2300-3500	900-1200	180-270	7 a -2

FUENTE: Marca (2011).

Tapia (2013) afirma que la ecología de los ecosistemas de montañas en el Perú es un tema bastante estudiado por geógrafos, edafólogos, meteorólogos, incluyendo el estudio ecológico de la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN), que propone un mapa ecológico y según el cual existen 84 zonas de vida y 17 de carácter en transición, basados en el sistema de clasificación de las zonas de vida por (Holdridge, 1967) de los cuales al menos 50 zonas de vida corresponden a la región alto andina.

Tapia (2013) en la Tabla 4 compara a los diferentes estudios metodológicos y diferentes autores, que han descrito a la región andina del Perú, según diferentes especialidades como: zonas fitogeográficas (Weberbauer, 1945), según eco regiones (Brack, 1989), zonas de vida natural (Vidal, 1946).

Tabla 4: Propuestas metodológicas de diferentes zonificaciones de la zona alto andina del Perú.

Autor	Año	Unidad	Énfasis	Metodología
Weberbauer	1946	Zonas Fito geográficas	fitogeografía	Censos botánicos
L.R. Holdridge	1967	Zonas de vida en el mundo	Pisos altitudinales	Diagramas bioclimáticos
Pulgar Vidal	1957	Zonas de vida natural	Tradición e indicadores biológicos	Conocimiento local
Brack	1960	Eco regiones	Ecológico	Evaluación de parámetros ecológicos
Caballero	1978	Zonas agroeconómicas	Uso y economía	Estudios agroeconómicos
Tapia	1995	Zonas agroecológicas	Vocación agroecológica	Uso y potencial de la tierra.

FUENTE: Tapia (2013).

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Objetivo general

Determinar la fenología y la variación del rendimiento de cultivares nativos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en 3 zonas agroecológicas de la región Puno.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar las diferencias de la fenología de los cultivares nativos de quinua.
- Determinar las diferencias significativas en el rendimiento de grano de los cultivares nativos de quinua en tres zonas agroecológicas.
- Analizar la respuesta de los cultivares nativos de quinua a factores principales: bióticos (plagas, enfermedades, aves), y abióticos (heladas, granizadas, sequías).

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO, MARCO CONCEPTUAL E

HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Origen de la quinua

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es una planta originaria de los Andes; de amplia dispersión geográfica y de alto contenido nutricional, que fue utilizada como alimento desde tiempos inmemoriales, se calcula que su domesticación ocurrió hace más de 7000 años antes de Cristo (Mujica, 1988).

2.1.2 Distribución geográfica

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2011) y luego FAO (2011) mencionan que la quinua puede considerarse como una especie oligocéntrica, con centro de origen de amplia distribución y diversificación múltiple, siendo las orillas del Lago Titicaca como la zona de mayor diversidad y variación genética.

La FAO (2011) señala que el cultivo de la quinua está en expansión, siendo sus principales productores Bolivia, Perú, Estados Unidos, Ecuador y Canadá.

2.1.3 Los Tipos de quinua y su distribución en Sud América

Las evaluaciones de la variabilidad genética disponible permitieron agrupar a las quinuas en 5 grupos mayores según sus características de adaptación y algunas morfológicas de alta heredabilidad, fácilmente detectables y capaces de mantenerse en toda el área de difusión. A continuación, se describen los cinco grupos de quinua (Tapia, 1990).

Quinuas de nivel del mar

Se han encontrado en las zonas de Linares y Concepción (Chile) a 36° Latitud Sur. Son plantas más o menos robustas de 1,0 a 1,4 m de altura de crecimiento ramificado y producen granos de color crema transparente (tipo Chullpi). Estas quinuas guardan gran similitud con la *Chenopodium nuttalliae* (Huahzontle) que se cultiva en forma aislada en México a 20° Latitud Norte.

Quinuas de valles interandinos

Son las que se adaptan entre los 2500 a 3500 msnm, se caracterizan por su alto desarrollo hasta 2,5 m o más de altura y con muchas ramificaciones con inflorescencia laxa y presentan resistencia al mildiu (*Peronospora farinosa*).

Quinuas de altiplano

Se desarrollan en áreas mayores como cultivos puros o únicos, entre los 3600 a 3800 msnm, corresponde a la zona del altiplano peruano-boliviano. En esta área se encuentra la mayor variabilidad de caracteres y se producen los granos más especializados en su uso. Las plantas crecen con alturas entre 0,5 a 1,5 m, con un tallo que termina en una panoja principal y por lo general compacta. En este grupo es donde se encuentra el mayor número de variedades mejoradas y también los materiales más susceptibles al mildiu cuando son llevados a zonas más húmedas.

Quinuas de salares

Son las que crecen en las zonas de los salares al sur del altiplano boliviano, la zona más seca con 300 mm de precipitación. Se cultiva como cultivos únicos a distancias de 1 m x 1 m y en hoyos para aprovechar mejor la escasa humedad. Son quinuas con el mayor tamaño de grano (> a 2,2 mm de diámetro), se las conoce como “Quinoa Real” y sus granos se caracterizan por presentar un pericarpio grueso y con alto contenido de saponina.

Quinuas de los yungas

Es un grupo reducido de quinuas que se han adaptado a las condiciones de las yungas de Bolivia a alturas entre los 1.500 y 2.000 ms.n.m., y se caracterizan por ser de desarrollo algo ramificado. Alcanzan alturas de hasta 2.20 m, son plantas verdes, y cuando están en floración toda la planta íntegra, toman la coloración anaranjada.

2.1.4 Importancia de la biodiversidad de la quinua

El proceso ancestral de domesticación de la quinua se ha desarrollado utilizando la diversidad de los recursos genéticos de la especie. Esta se encuentra estrechamente asociada a distintas zonas geográficas con contextos ecológicos específicos, determinando en su conjunto la capacidad de sobrevivencia de la quinua, y creando a lo largo del tiempo múltiples formas dentro la misma especie. Debido a la existencia de adaptaciones particulares de quinua en diferentes zonas de los andes (FAO, 2014).

2.1.5 Conservación de recursos fitogenéticos

Los métodos de conservación de recursos fitogenéticos pueden clasificarse en dos grandes categorías: métodos de conservación *In situ*, los cuales consisten en preservar las variedades o poblaciones vegetales en sus hábitat originales y métodos de conservación *Ex situ*, en los cuales la conservación se realiza en los denominados bancos de germoplasma e implica el desarrollo de colecciones de recursos fitogenéticos y presenta ventajas como reducción en costos, control y facilidad en el suministro de material a científicos y usuarios en general, debido a la concentración del material genético y a la información asociada al mismo (Bioversity International et al., 2013)

2.1.6 Conservación *In situ*

Los campos de cultivo tradicionales son una mina de germoplasma donde se mantienen variedades tradicionales y donde la naturaleza realiza su trabajo de selección natural asociada a las tradiciones agrícolas campesinas de reproducción de semillas. Los conocimientos tradicionales son un componente determinante de la diversidad agrícola existente y las comunidades rurales son responsables de su existencia y evolución.

La conservación *In situ* de la quinua se realiza mediante el cultivo anual de la quinua en las aynokas o zonas donde comparte espacio con sus parientes silvestres. Este manejo tradicional se realiza con muchos objetivos, principalmente para asegurar la alimentación de la familia y de la comunidad, manejar en forma adecuada la diversidad del cultivo, de las plagas y enfermedades. Especialmente a través de un sistema de rotación y la ubicación del cultivo en diferentes pisos altitudinales (Ichuta y Artiaga, 1986).

Se advierte la necesidad de desarrollar protocolos y/o listas de descriptores *In situ* para registrar la agro biodiversidad que se maneja en los sistemas tradicionales de cultivo y principalmente involucrar a los miembros de la comunidad para llevar a cabo este trabajo en coordinación con actores locales como los municipios y otras organizaciones (FAO, 2014).

2.1.7 Taxonomía de la quinua

La quinua fue descrita por primera vez por el científico Alemán Luis Christian Willdenow en 1778 y es ubicada taxonómicamente de la siguiente forma:

Reino: Vegetal

División: Fanerógamas

Clase: Dicotiledóneas

Sub clase: Angiospermas

Orden: Centrospermales

Familia: Chenopodiáceas

Género: *Chenopodium*

Sección: *Chenopodia*

Subsección: *Cellulata*

Especie: *Chenopodium quinoa*.

2.1.8 Descripción botánica de la quinua

Mujica et al. (2013) describen que la quinua es una planta anual cuyo periodo vegetativo varia de 150 a 240 días y tienen un fotoperiodo indiferente, de fácil adaptación a diferentes condiciones ambientales y requieren precipitaciones pluviales de 200 a 800 mm anuales, prefieren suelos franco – arenoso rico en nitrógeno, se adapta muy bien en suelos con un Ph de 6.5 a 8.5, posee raíz pivotante, tallo cilíndrico con mayor grosor en la base, su coloración es variable desde rojo hasta verde, el fruto es un aquenio seco e indehiscente.

Raíz

Pivotante y vigorosa que puede llegar a más de 90 cm de profundidad. A partir de unos centímetros empieza a ramificarse en raíces secundarias y terciarias de las cuales salen raicillas que también se ramifican en varias partes (Tapia et al., 2014).

Tallo

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 (FAO, 2011).

Hoja

Las hojas son de carácter polimórfico en una sola planta; las basales son grandes y pueden ser romboidales o triangulares, mientras que las hojas superiores generalmente alrededor de la panoja son lanceoladas. Su color va desde el verde hasta el rojo, pasando por el amarillo y el violeta, según la naturaleza y la importancia de los pigmentos. Son dentadas en el borde pudiendo tener hasta 43 dientes. Contienen además gránulos en su superficie dándoles la apariencia de estar cubiertas de arenilla, estos gránulos contienen células ricas en oxalato de calcio y son capaces de retener una película de agua, lo que aumenta la humedad relativa de la atmósfera que rodea a la hoja y consecuentemente, disminuye la transpiración (FAO, 2011).

Inflorescencia

Tapia (1997) describe que la inflorescencia es racimosa y se denomina panoja por tener un eje principal más desarrollado, del cual se originan los ejes secundarios y en algunos casos terciarios.

Quisocala (2000) refiere que la inflorescencia de la quinua es racimosa y por la disposición de las flores en el racimo se considera panoja, algunas veces está claramente diferenciada del resto de la planta, siendo esta en terminal y sin ramificaciones, dándole una forma cónica peculiar. La inflorescencia puede ser laxa o compacta dependiendo de la longitud de los ejes secundarios, dando lugar a las formas de inflorescencia amarantiforme y glomerulada; esta última es dominante

sobre la amarantiforme, muchas veces aparentando un racimo perfecto.

Flores

Mujica et al. (2013) mencionan que las flores son muy pequeñas y densas, lo cual hacen difícil la emasculación, se ubican en grupos formando glomérulos, son sésiles, de la misma coloración que los sépalos y pueden ser hermafroditas, pistiladas o androestériles. Los estambres son 5 y poseen filamentos cortos que sostienen anteras basifijas y se encuentran rodeando al ovario, cuyo estilo se caracteriza por tener 2 o 3 estigmas plumosos. Las flores permanecen abiertas por un período de 5 a 7 días, y como no se abren simultáneamente, la duración de la floración está entre 12 a 15 días.

Fruto

Quisocala (2000) indica que el fruto de la quinua es un aquenio cubierto por el perigonio que encierra una sola semilla la que se desprende con facilidad al frotarlo cuando está seco. El color del fruto está dado por el perigonio y se asocia directamente a la planta, de donde resulta que puede ser verde, purpura o rojo; el perigonio tiene forma estrellada por la quilla que presenta los 5 sépalos.

El pericarpio del fruto está pegado a la semilla, presenta alveolos que se separan fácilmente. En ciertas variedades se encuentra pegada al pericarpio, la saponina que origina es de sabor amargo. Las semillas están cubiertas por el epispermo en forma de una membrana delgada. El embrión es formado por dos cotiledones y la radícula, constituye la mayor parte de la semilla que envuelve el perisperma como un anillo. El perisperma es almidonoso y normalmente es blanco.

2.1.9 Características agroclimáticas

Jacobsen y Mujica (1999) mencionan que la quinua, es una planta muy plástica y con amplia variabilidad genética, se adapta a diferentes climas desde el

desierto, caluroso y seco en la costa hasta el frío y seco de las grandes altiplanicies, llegando incluso hasta las cabeceras de la ceja de selva. Las precipitaciones en las áreas de cultivo varían mucho desde 500 a 800 mm en la región del lago Titicaca. En lo referente a la humedad relativa, la quinua crece sin mayores inconvenientes desde 40% en el altiplano peruano hasta el 100% de humedad relativa en la costa, la temperatura media adecuada para el cultivo de quinua está alrededor de 15° a 20° C, siendo la temperatura media de 10 °C la más adecuada. La quinua posee mecanismos de escape y tolerancia a bajas temperaturas, puede soportar hasta - 8 °C en determinadas etapas fenológicas, siendo las más tolerantes durante la ramificación y las más susceptibles en la floración y llenado de grano.

2.1.10 Características de resistencia y tolerancia de plantas ante diferentes factores de estrés abióticos.

Tanto en las estrategias de resistencia como en las de tolerancia es posible distinguir diferentes mecanismos empleados por las plantas para sobrevivir ante una gran cantidad de desafíos ambientales. Ambas estrategias inician inmediatamente después de la exposición a algún entorno estresante, desarrollando mecanismos complejos para percibir las señales externas y para mostrar las respuestas de adaptación que implican cambios morfológicos, fisiológicos y bioquímicos propios de cada especie. Estos cambios pueden manifestarse como resistencia mediante: 1) el ajuste estacional del crecimiento para evitar las condiciones de estrés; 2) las adaptaciones morfológicas y las adaptaciones fisiológicas, tales como el desarrollo de sistemas radiculares anchos y profundos, el engrosamiento de la xilema, el incremento en la densidad de tricomas, el cierre de estomas y la acumulación de cera en la superficie de la hoja, entre otros. O bien como tolerancia, mediante 3) cambios metabólicos entre los

que se encuentra un ajuste del potencial osmótico, la biosíntesis de osmoprotectores y solutos compatibles, la activación de enzimas y los compuestos antioxidantes, la síntesis de poliaminas, la producción de Óxido Nítrico (NO), la modulación fitohormonal, la represión del crecimiento celular, la inducción de vías de señalización mediadas por enzimas y la reprogramación de la expresión génica mediante mecanismos dependientes o independientes de pequeñas moléculas de ácidos nucleicos conocidas como miRNAs, entre otras (Chavarría y dos Santos, 2012).

Jacobsen y Mujica (1999) afirman que la tolerancia a granizo y heladas son objetivos cada vez más importantes por los efectos del cambio climático y la ampliación de la frontera agrícola de la quinua. El retraso de lluvias conduce a las plantas a ser propensas a heladas en la fase reproductiva. Por otra parte, el granizo que es fenómeno frecuente en la época de cultivo afecta seriamente con riesgos de pérdida en estado de planta (rotura y caída de hojas, lesiones del tallo, daños en la panoja) y grano maduro (desgrane).

Resistencia de la quinua a las heladas

En diferentes genotipos de quinua, se ha observado que existe variación de tolerancia a heladas (-0.5 hasta -6.5 °C), habiéndose encontrado quinuas tolerantes, medianamente tolerantes y quinuas susceptibles. Las fases fenológicas entre seis hojas verdaderas hasta inicio de panojamiento son más susceptibles, siendo las fases fenológicas de floración y grano lechoso susceptible al frío. Generalmente, la tolerancia a las heladas en la quinua se debe de a la capacidad de acumular metabolitos, es decir, azúcares solubles, prolina, proteínas y menor contenido de agua en hojas (Jacobsen y Mujica, 1999).

Heladas en el departamento de Puno

FAO y SENAMHI (2010) analizan las heladas meteorológicas que afectan a los cultivos en primavera y en otoño en el departamento de Puno, encontrando como resultado que la zona cercana al lago muestra un retraso en la aparición de las primeras heladas (mayo) en comparación a las zonas más alejadas; igualmente, un adelanto en la aparición de las últimas heladas (octubre) y un mayor periodo libre de heladas, por la acción termo-reguladora del lago. Esta zona sería aparente para la actividad agrícola, sin embargo, no está totalmente exenta del peligro de heladas, debido a la dispersión de las últimas y primeras heladas.

Resistencia de la quinua al granizo

La ocurrencia de granizo en el altiplano peruano es muy frecuente, los daños de quinua se evidencian en la ruptura de la lámina foliar, desprendimiento de hojas y en casos extremos ruptura del tallo y panojas, en algunos casos, cuando la granizada ocurre antes de la cosecha los granos en maduración caen al suelo y las pérdidas de producción son casi completas. Existen genotipos de quinua tolerantes a daños provocados por las granizadas, ello, depende del ángulo de inserción de las hojas, grosor de las mismas, tamaño y número de hojas, resistencia del tallo y panoja: en base a estos parámetros, existen quinuas muy resistentes al granizo, y susceptibles. Son resistentes: Kancolla, Blanca de Juli (Rosas, 1975).

Resistencia a las sequías

Jacobsen y Mujica (1999) afirman que la sequía ocurre en cualquier etapa fenológica de desarrollo del cultivo, sin embargo, resiste a la sequía debido a una serie de modificaciones y mecanismos morfológicos, fisiológicos, anatómicos, fenológicos y bioquímicos, que le permiten acumular energías nutrientes en contra del factor adverso que es la sequía y mantiene sus funciones vitales.

2.1.11 Resistencia / tolerancia a estreses bióticos (enfermedades e insectos)

Es de suma importancia mejorar en quinua la resistencia y/o tolerancia a factores bióticos considerando que los agricultores de pequeña escala tienen su producción dirigida a un mercado orgánico.

Investigaciones realizadas por FAO (2014) determinaron los factores bióticos limitantes del cultivo de quinua en la zona altiplánica de Puno que son las siguientes:

Enfermedades

Enfermedades foliares fungosas, donde destaca como enfermedad clave, el mildiu (*Peronospora variabilis*), enfermedad predominante en todas las zonas cultivadas de quinua en el Perú y que afecta la quinua en cualquier estado fenológico. Otras enfermedades secundarias reportadas con más frecuencia son la Mancha foliar (*Ascochyta hyalospora*), Cercosporiosis (*Cercospora* sp.) y puntos foliares causadas por *Macrophoma* sp. Entre las enfermedades del tallo destaca también como enfermedad clave la Podredumbre marrón del tallo (*Phoma exigua* var. *foveata*). Otras enfermedades secundarias del tallo son la Mancha ojival del tallo (*Phoma* sp.) y la Esclerotiniosis (*Esclerotium* sp.). En enfermedades de las raíces, es común la Chupadera o Mal de almacigo (*Rizoctonia solani*) y en algunas áreas se observa la presencia de podredumbre radicular causada por un complejo de hongos de suelo (*Fusarium oxisporium*, *Phytium*).

Entre las enfermedades causada por virus se informa la enfermedad del mosaico causada por el virus *Sowbane mosaic tobamovirus* y de bacteria la mancha bacteriana (*Pseudomonas*)

Danielsen y Ames (2000) afirman que la resistencia genética ofrece la ventaja de ser un método de control menos costoso para el agricultor, nada nocivo

para el medio ambiente y que asegura una producción sostenible. Respecto a la resistencia al mildiu, no se conoce la base genética de esta resistencia, si es controlada por genes mayores (resistencia vertical) o por genes menores (resistencia horizontal). En su estudio de resistencia al mildiu, mencionan a 16 variedades de grano grande y mediano con resistencia al mildiu y alto rendimiento (Blanca de Juli, Kankolla, Salcedo INIA, Illpa INIA, Cheweka, Yocar, Tahuaco 1, Pasankalla, Chullpi Rojo, Qoitu negro, Choclito, Altiplano, Amarilla Sacaca, Blanca de Hualhuas, Rosada de Huancayo, Blanca de Junín, Amarilla Maranganí).

Según Parlevliet (1997) las fuentes genéticas para la resistencia al mildiu se encuentran en la diversidad genética de la quinua, por tanto, la atención debe estar dirigida hacia los bancos de germoplasma donde se conserva la mayor variabilidad genética de la quinua, especies silvestres y el conocimiento tradicional de los agricultores que constituye una buena referencia.

Insectos

En el altiplano peruano se reportan la presencia de gusanos de tierra como cortadores de plantas tiernas: *Feltia experta* (tikuchi), *Spodoptera* sp. *Copitasia turbata* (panojero) y *Agrotis psilon* (silwi kuru). Como insectos de follaje y granos: *Eurisacca melanocapta*, *Liriomiza braziliensis*, *Liriomyza huidobrensis*, *Hymenia recurvalis*, *Pachyzancla bipunctalis* (polilla de quinua), *Perisoma sordescens* (medidores  cuarta cuarta), *Epicauta willei*, *Epicauta latitarsis* (padre kuru)  Quito “chhallu chhallu) *Epitrix subcrinita* (piki piki  pulguilla saltona), *Mysus persicae*, *Macrosiphum euphorbiae*, *Frankinellia turberosi* (kondorillo), *Borogonalia* sp.(cigarritas) *Bergallia* sp.(cigarritas), *Paratanus* sp. (cigarritas).

Nematodos

En el Perú se reporta la presencia de nematodos para quinua, principalmente: *Nacobbus aberrans*, *Globodera pallida* y *Tecca vermiculatus*.

Vertebrados.

Las aves silvestres, en pequeños grupos o en grandes bandadas, dañan los cultivos de quinua, las más importantes son las palomas porque estas rompen las panojas y tallos, la incidencia de daño es muy alta en condiciones de costa. Las pérdidas atribuidas al ataque de pájaros pueden alcanzar de 30 a 40% en las variedades dulces como “Sajama”, “Chewecca” y “Blanca de Juli”. Las variedades con panojas compactas son menos atacadas por que las semillas están menos expuestas

2.1.12 Zonificación agroecológica

Las áreas con terrenos agrícolas en los andes son muy dispersas y diferentes, variando según su altitud, condiciones de los suelos y su exposición hacia el oeste o el este, y la cantidad de horas de sol, por ello, los ecosistemas de alta montaña requieren de una zonificación que permita reconocer esas diferencias que ocurren en pequeños espacios.

Pulgar Vidal (1987) definió y describió la existencia de ocho regiones naturales en el Perú, cinco de ellas corresponden a la sierra o alto andina, se basa en la ubicación geográfica y la vegetación natural indicadora.

Tapia y Fries (2007) han añadido las variables agronómicas y proponen una clasificación en zonas agroecológicas que se basa en la nomenclatura utilizada por Pulgar Vidal y la complementan con el conocimiento campesino local, la información sobre la estrecha relación entre el clima (temperatura, humedad, altura), la vegetación natural, los cultivos, las variedades y las prácticas de cultivo.

En la Figura 1, se muestra a los lugares del departamento de Puno con mayor diversificación de quinua y mayor producción de quinua, que a continuación se describe sus potencialidades que tiene cada una de estas zonas agroecológicas:

Zona agroecológica Circunlacustre

Zona alrededor de las orillas del mismo lago, con un clima algo benigno, en donde se pueden encontrar los campos más extensos de quinua como monocultivo. En la zona de laderas alrededor del lago predominan los campos agrícolas con una rotación de papa, quinua, tubérculos andinos, cebada.

Zona agroecológica Suni baja

Zona de influencia indirecta del lago, se pueden observar asociaciones de quinua con cebada, papa y tubérculos andinos.

Zona agroecológica Suni alta

Zona con mayor número de noches con heladas, más fría y alejada del lago, se cultiva cañihua en campos planos, conjuntamente con la papa amarga que se produce hasta la zona de Puna húmeda entre 3900 y 4300 msnm.

Puna seca y semi húmeda

Zona final para cultivar, donde predominan especies de climas secos como la tola (*Parastrephia quadrangulare*). Existen pocas especies cultivadas, mayormente son las papas de altura (papas amargas).

Janka

La región Janca (del Aymara *janq'u*, "blanco") o Cordillera es la denominación que le da el geógrafo Javier Pulgar Vidal a la región más alta de los Andes, sobre los 4,800 msnm, donde se ubican las nieves perpetuas, generalmente solo existen pastizales para ganadería de camélidos sudamericanos.

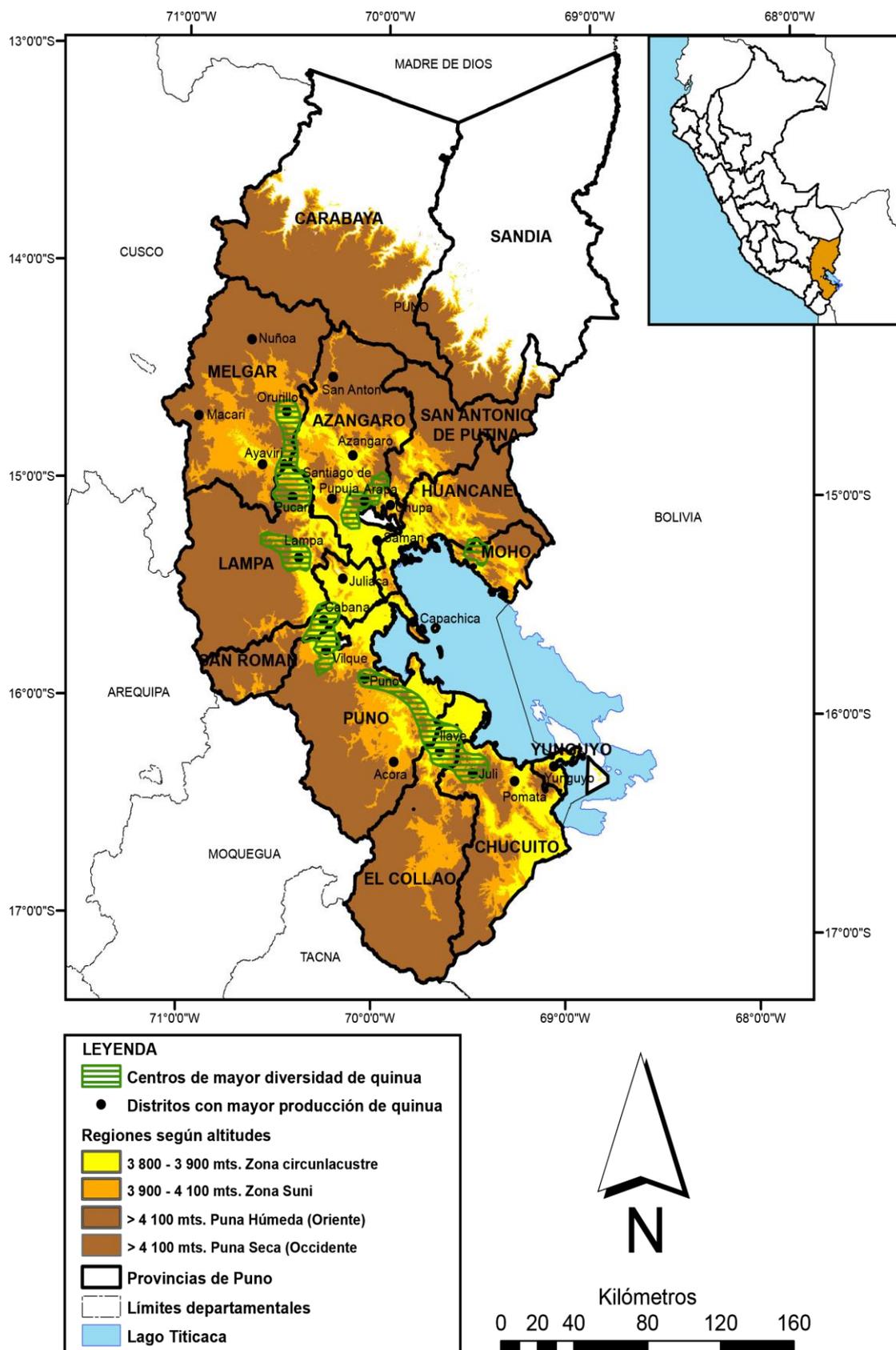


Figura 1: Distribución de los centros de mayor diversidad de quinua en el departamento de Puno.
Fuente: Tapia (2013).

2.1.13 Producción de la quinua en Puno

En el Tabla 5, se observa la producción de quinua desde la campaña agrícola 2011-2012 hasta la campaña 2015-2016, mostrando la evolución de la producción de quinua de 12 provincias y la totalidad de producción regional de quinua en Puno.

Tabla 5: Producción de quinua (t) en la región Puno, desde la campaña agrícola 2012 al 2016.

PROVINCIA	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016
Azángaro	5881	6267	7630.6	8680.26	8157.6
Carabaya	39	38	60.2	71.3	54.9
Chucuito	3531	2232	3926	3757.3	3440.4
El Collao	4139	4427	5284.389	5199	5076.5
Huancané	2850	2908	3587	4202	3785.8
Lampa	2004	2353.8	2845	2998	3027.8
Melgar	1161	988	1285.5	1487	1281
Moho	125	113	150	148.6	126.7
Puno	5365	4512	5378	5489.9	4805.1
Putina	389	360.5	529	547	368
San Román	4200	4676	4964	5070	4507.2
Yunguyo	495	456	518	570.5	535
TOTAL	30179	29331.3	36157.689	38220.86	35166

FUENTE: Dirección Regional Agraria de Puno - DRA (2016).

Caracterización del circuito de la cadena productiva de quinua en Puno

El territorio de la región Puno, abarca el altiplano donde el clima es frío pero atemperado por la influencia del lago Titicaca, en la Tabla 6 se presenta la superficie cosechada en el departamento de Puno para el año 2016, que tiene mayor concentración en las provincias de Azángaro (8080 ha), San Román (5130 ha), Puno (4920), el Collao (4728 ha), Chucuito (3500 ha) y Huancané (3690 ha), comparando con la producción de quinua tiene comportamiento similar a la superficie cultivada.

Tabla 6: Superficie cosechada y producción de quinua en la región Puno, durante los años 2015 y 2016.

PROVINCIA	Superficie cosechada (ha)		Producción (t)	
	2015	2016	2015	2016
Azángaro	7681	8080	8680.26	8157.6
Carabaya	69	63	71.3	54.9
Chucuito	3410	3500	3757.3	3440.4
El Collao	4723	4728	5199	5076.5
Huancané	3595	3690	4202	3785.8
Lampa	2741	3127	2998	3027.8
Melgar	1618	1547	1487	1281
Moho	123	123	148.6	126.7
Puno	4652	4920	5489.9	4805.1
Putina	450	350	547	368
San Román	4669	5130	5070	4507.2
Yunguyo	436	436	570.5	535
TOTAL	34167	35694	38220.86	35166

FUENTE: DRA – Puno (2016)

2.2 MARCO CONCEPTUAL

1. La quinua

La quinua es una especie alimenticia que posee una gran variabilidad de cultivares, con elevadas cualidades nutricionales, fundamentalmente por su proteína. La variabilidad genética puede considerarse como una especie oligocéntrica, con centro de origen de amplia distribución y diversificación múltiple. Siendo la región andina y las orillas del lago Titicaca, que muestran mayor diversidad y variación genética (FAO, 2011).

2. Variabilidad Genética

Sevilla (2006) la diversidad de una especie está constituida por todas las variaciones genéticas, producto de la diferencia de las especies. La variación entre poblaciones de una especie, pero la variación dentro de poblaciones es la diversidad genética total de una especie. Las especies pueden ser más o menos diversas; las

características dentro de las poblaciones pueden ser más o menos variables. La variabilidad genética se aplica a las características. Si no hay variación genética para una característica dentro de una población, el carácter no puede ser modificado por selección. Si un cambio en el ambiente o en las condiciones de vida afecta a esa característica, puede desaparecer toda la población.

3. Estabilidad y plasticidad

Brewbaker (1967), Revela que el grado de estabilidad varía de un genotipo a otro, en donde se infiere que esta es gobernada genéticamente y por tanto puede ser factible aplicar selección para conseguirla; mientras que la plasticidad no es de origen genético. El autor citado definió el concepto de plasticidad como el grado en que la expresión de los caracteres de un genotipo es capaz de alterarse por las deficiencias ambientales y señaló que la plasticidad es la falta de homeostasis y por consiguiente es una condición opuesta a la estabilidad.

4. Fenotipo y genotipo

La expresión de los caracteres de una planta, quiere decir, aquello que se puede ver o medir (color, rendimiento, precocidad, resistencia), se llama fenotipo. El fenotipo es el resultado de las influencias interactivas del genotipo (totalidad de los genes) y del ambiente (Simmonds, 1965).

Un mal manejo o un clima desfavorable no permiten aprovechar el potencial genético al máximo. De otro lado, ni el mejor manejo puede llegar a resultados buenos, si el genotipo no ofrece el potencial suficiente (Gandarillas, 1967).

5. Fenología del cultivo

La fenología son los cambios externos visibles del proceso de desarrollo de la planta, los cuales son el 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; así mismo le permite evaluar la marcha de la campaña agrícola y tener una idea concreta sobre los posibles rendimientos de sus cultivos, mediante pronósticos de cosecha (Yzarra y López, 2000).

6. Fenología

La Fenología es la rama de la Agrometeorología que trata del estudio de la influencia del medio ambiente físico sobre los seres vivos. Dicho estudio se realiza a través de las observaciones de los fenómenos o manifestaciones de las fases biológicas resultantes de la interacción entre los requerimientos climáticos de la planta y las condiciones de tiempo y clima reinantes en su hábitat. En tal sentido, en las observaciones agrometeorológicas se realizan las observaciones de la planta y de su medio ambiente físico en forma conjunta (Yzarra y López, 2012).

7. Observación fenológica

Una observación fenológica consiste en contar el número de plantas que ha alcanzado una determinada fase en una fecha exacta, o sea que, el observador debe decidirse por un día y no por un período en el que a su criterio ocurrió la fase fenológica (Yzarra y López, 2012).

8. Fase fenológica

Una fase fenológica viene a ser el período durante el cual aparecen, se transforman o desaparecen los órganos de las plantas. También puede entenderse como el tiempo de una manifestación biológica. La mayoría de estas fases son visibles en casi todas las plantas, sin embargo, existen algunas plantas que poseen ciertas fases invisibles, Por ejemplo, el panojamiento de la quinua (Yzarra y López, 2012).

9. Etapa fenológica

Una etapa fenológica está delimitada por dos fases fenológicas sucesivas. Dentro de ciertas etapas se presentan períodos críticos, que son el intervalo breve durante el cual la planta presenta la máxima sensibilidad a determinado evento meteorológico, de manera que las oscilaciones en los valores de éste evento se reflejan en el rendimiento del cultivo; estos periodos críticos se presentan generalmente poco antes o después de las fases, durante dos o tres semanas. El comienzo y fin de las fases y etapas sirven como medio para juzgar la rapidez del desarrollo de las plantas (Yzarra y López, 2012)

10. Diversidad Genética

No es posible estimar la diversidad genética de una especie en términos estadísticos o cuantitativos. En general, lo que se hace es clasificar la especie en categorías intraespecíficas como razas o ecotipos; la diversidad genética relativa de una especie en una región se da en términos del número de categorías intraespecíficas. Pero para eso, la clasificación intraespecífica debe aplicarse con los mismos criterios en todos los lugares (Sevilla, 2006)

11. Raza

Según el Diccionario de la Real Academia Española (DRAE, 2016) el término Raza es; casta o calidad de origen o linaje, Cada uno de los grupos en que se subdividen algunas especies biológicas y cuyos caracteres diferenciales se perpetúan por herencia, también es calidad de algunas cosas en relación con ciertas características que la definen.

Sevilla (2006) define que el término RAZA generalmente se emplea para designar una subdivisión de la especie de caracteres hereditarios, representados por un cierto número de individuos, los cuales poseen un conjunto de características

morfológicas y funcionales comunes transmitida por herencia, Sin embargo, sus características distintivas no son lo suficientemente diferentes como para constituir una subespecie diferente.

Es evidente que la agrupación en razas ayudará a identificar a los progenitores para posibles hibridaciones o cruzamientos. Por otro lado, se sabe que, al cruzar dos razas distintas, se logra obtener materiales con buen rendimiento y otras características agronómicas promisorias, lo que en definitiva se conoce como heterosis. De ahí la importancia de la agrupación en razas para su futuro uso (Sevilla, 2006).

En el reino vegetal, la clasificación en razas debe ser aplicada sólo a especies cultivadas. Las razas están íntimamente relacionadas a las culturas. Por ejemplo, las razas de maíz son parte del patrimonio cultural de los pueblos, como son sus costumbres, su música, su idioma y muchas otras manifestaciones culturales. El agricultor tiene más conceptos de raza que concepto de variedad, porque el concepto de raza junta 3 conceptos: morfológico, ecológico y antropológico (Sevilla, 2006).

12. Ecotipo

Es el producto de la adaptación de una especie a un ambiente particular. Ecotipo no es sinónimo de raza. Una raza puede habitar varios ambientes y su área de adaptación puede ser muy amplia. Hay razas de altura que se pueden adaptar muy bien a zonas bajas y viceversa. Lo que define las razas es principalmente su morfología y su fisiología, que a veces limita su adaptación. Lo que define al ecotipo es principalmente su área de adaptación. Los ecotipos son ocasionalmente aislados por barreras geográficas y en ese caso se les denomina geo-ecotipos. El término ecotipo se debe usar sólo para especies silvestres. Los científicos que colectan poblaciones silvestres, principalmente forestales, usan el término “procedencia” para

indicar el origen de la muestra colectada. Una procedencia no es necesariamente un ecotipo; varias procedencias distintas, aún muy alejadas unas de otras, pueden corresponder a un mismo ecotipo (Sevilla, 2006).

13. Variedad

El término variedad para describir la diversidad de las especies cultivadas autógamias será usado, aun conociendo que desde 1961, cuando se publicó el Código de Nomenclatura de Plantas cultivadas, se adoptó el término “cultivar” en reemplazo de “variedad”, debido a que éste es, según el código muy impreciso. El nombre de variedad se reserva en el código para ciertas categorías intraespecíficas de poblaciones naturales silvestres. Sin embargo, la división de toda la diversidad de una especie en cultivares no tiene sentido, lo más probable es que todos los cultivares de una especie cultivada provengan de un sector muy limitado de la diversidad (Sevilla, 2006).

14. Morfotipo

En las plantas agámicas o de reproducción vegetativa, se usa el morfotipo para diferenciar poblaciones e individuos. Un morfotipo está definido por una serie de características, principalmente morfológicas, muestran el mismo fenotipo, pero no necesariamente son de la misma constitución genética. La estructura genética de las especies que se reproducen vegetativamente depende de la forma como se reproducen sexualmente (Sevilla, 2006).

15. Variedades Nativas

Las variedades recolectadas en regiones donde el cultivo se originó o diversificó, se denominan variedades nativas o autóctonas o tradicionales, o sea aquellas variedades que usan los agricultores tradicionalmente, y que no han pasado por ningún proceso de mejoramiento sistemático y científicamente controlado, y

cuya semilla es producida por los mismos agricultores. Las variedades nativas cuya semilla se colecta y se mantiene en bancos de germoplasma, debidamente identificadas con su información de origen y localización geográfica (pasaporte) se denominan “accesiones” (Sevilla, 2006).

16. Cultivares tradicionales

Son las variedades que se introdujeron en una región como variedades mejoradas, y que se siguen cultivando en regiones donde la especie no se ha originado. Por ejemplo, en la región alto andina, donde el trigo, la cebada, habas y arvejas, se cultivan desde el siglo XVI y XVII desde su introducción por los europeos, los agricultores mantienen las variedades, muchas de las cuales se encuentran en forma de mezclas mecánicas heterogéneas. Las variedades mejoradas en manos de agricultores tradicionales pasan por un proceso de nativización, cuando el agricultor las reproduce y las mezcla con sus propias variedades. También se cruzan con formas cultivadas o silvestres locales y así se incorporan en su sistema de producción. Se considera que en general son adaptadas a condiciones limitantes de clima y suelo y poseen resistencia a plagas y enfermedades (Sevilla, 2006).

17. Cultivares Mejorados

Denominados también avanzados son producidos con métodos científicos y sistemáticos de mejoramiento genético. La semilla original se produce fuera del campo del agricultor, y en la mayoría de los casos ni el agricultor ni otra fuerza evolutiva natural participan en la generación de la variedad. La distinción entre nativa, obsoleta y mejorada no es muy clara. Sólo cuando la variedad mejorada tiene una característica particular que es reconocida por el mercado es que se mantiene separada de las otras variedades (Sevilla, 2006).

18. Poblaciones Silvestres

En regiones que son centro de origen y diversificación se encuentran poblaciones silvestres de la misma especie o de especies relacionadas que nunca fueron seleccionadas ni cultivadas. Debido a que las poblaciones o especies silvestres crecen y desarrollan en la naturaleza sin la intervención del hombre, hay individuos o poblaciones con genes particulares adaptados a las condiciones ambientales y de resistencia a pestes propias de la región. Son importante fuente de genes para mejorar las especies cultivadas relacionadas. Hay dos categorías de especies silvestres: los progenitores de especies domesticadas y las usadas por el hombre en estado silvestre (Sevilla, 2006).

19. Accesiones

Son muestras de colecciones efectuadas en las parcelas de agricultores, mercados, etc. Debidamente identificadas con su información de origen y pasaporte, para conservarse en el banco de germoplasma (Sevilla, 2006).

20. Producción

Es la actividad económica que aporta valor agregado por creación y suministro de bienes y servicios, es decir, consiste en la creación de productos o servicios y al mismo tiempo la creación de valor, más específicamente es la capacidad de un factor productivo para crear determinados bienes en un periodo de tiempo determinado.

21. Productividad

Según DRAE (2016) la productividad es un concepto que describe la capacidad o el nivel de producción por unidad de superficies de tierras cultivadas. También puede ser definida como la relación entre los resultados y el tiempo utilizado para obtenerlos: cuando menor sea el tiempo que lleve obtener el resultado

deseado, más productivo es el sistema. En realidad, la productividad debe ser definida como el indicador de eficiencia que relaciona la cantidad de recursos utilizados con la cantidad de producción obtenida.

22. Rendimiento

Desde el punto de vista técnico, el término rendimiento es equivalente al de productividad. En el lenguaje corriente se suele utilizar este término, sin embargo, como sinónimo de renta, beneficio, interés o rentabilidad (DRAE, 2016).

23. Rentabilidad

La rentabilidad es el beneficio renta expresado en términos relativos o porcentuales respecto a alguna otra magnitud económica como el capital total invertido o los fondos propios. Frente a los conceptos de renta o beneficio que se expresan en términos absolutos, esto es, en unidades monetarias, el de rentabilidad se expresa en términos porcentuales (DRAE, 2016).

2.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.3.1 Hipótesis general

El desarrollo de las características fenológicas y agronómicas está determinado por los cultivares nativos de quinua en cada zona agroecológica.

2.3.2 Hipótesis específica

- La fenología es diferente en cada uno de los cultivares nativos de quinua.
- Los rendimientos de grano son diferentes en cuanto a cultivares nativos en las zonas agroecológicas de Puno.
- Hay diferencias significativas de cultivares nativos de quinua en respuesta a factores bióticos (plagas y enfermedades) y abióticos (heladas, granizo y sequía).

CAPITULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se realizó durante la campaña agrícola 2014 – 2015, en tres zonas agroecológicas de la región Puno, que fueron seleccionados estratégicamente de acuerdo a la variación de condiciones climáticas y las épocas de siembra que acostumbran sembrar los productores (Anexo 20).

3.1 MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

Material vegetal

Para la investigación se recolectó semillas de 18 cultivares nativos de quinua y 01 variedad de quinua como testigo, sus orígenes y características morfológicas se describen en la Tabla 7.

Herramientas

- Cuaderno de campo
- Etiquetas
- Planillas de evaluación
- Libro de campo
- Bolsas para muestro de suelo
- Sacos de polietileno

Equipos y maquinaria

- Tractor agrícola con sus implementos
- Balanza de precisión
- Balanza para peso hectolitrito
- Cámara digital
- Vernier digital

Tabla 7: Origen y características morfológicas de 18 cultivares nativos y una variedad de quinua del altiplano peruano.

Cultivar	Lugar de Origen	Pericarpio / Epispermo	Color Panoja	Color Tallo	Tipo De Panoja
Blanca de Juli	C.c. Molino / Juli	Blanco	Blanco	Verde	Glomerulada
Chajcha	C.c. Caritamaya / Acora	Blanco	Violeta	Verde	Amarantiforme
Chaucha Rosada	C.c. Chaupi sahuacasi / Azángaro	Blanco	Rosada	Blanco	Glomerulada
Choclito	C.c. Capalla / Acora	Blanco	Blanco	Verde	Amarantiforme
Chullpi Blanco	C.c. Macaya pipirini / Azángaro	Blanco opaco / hialino	Blanco opaco	Blanco	Glomerulada
Chullpi Rojo	C.c. Molino / Juli	Blanco opaco / hialino	Rojo	Rojo	Glomerulada
Cuchiwila	C.c. Villasani / Cabanillas	Granate / castaño	Granate	Rojo	Glomerulada
Kancolla	C.c. Cieneguillas / Cabana	Blanco	Violeta	Rojo	Glomerulada
Mestiza	C.c. Santa Ana / Azángaro	Blanco / blanco	Blanco	Verde	Glomerulada
Mistura	C.c. Caritamaya / Acora	Blanco-Rosada / blanco	Rojo opaco	Verde	Glomerulada
Pasankalla Roja	C.c. Molino / Juli	Rosada / castaño	Roja	Rojo	Intermedia
Pasankalla Ploma	C.c. Molino / Juli	Gris / castaño	Roja	Blanco	Intermedia
Q'Oitu Rojo	C.c. Kelluyo	Plomo / negro	Plomo / negro	Rojo	Glomerulada
Q'Oitu Blanco	C.c. Macaya pipirini / Azángaro	Plomo / negro	Plomo / negro	Blanco	Glomerulada
Q'Oitu Caoba	C.c. Macaya / Azángaro	Plomo / café	Plomo / café	Blanco	Glomerulada
Rosada	C.c. Caritamaya / Acora	Rosada / blanco	Rosada	Rosada	Amarantiforme
Salcedo INIA*	E.E. Ilpa	Blanco	Blanco	Verde	Glomerulada
Wariponcho	C.c. Alto catacha / Lampa	Amarillo / blanco	Amarillo	Amarillo	Glomerulada
Witulla	C.c. Caritamaya / Acora	Rojo / blanco	Rojo	Rojo	Glomerulada

Leyenda: C.c. = Comunidad campesina, *variedad mejorada (Testigo)
 FUENTE: Comunicación directa (Canahua, 2013).

3.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

3.2.1 Conducción del experimento

Análisis de Suelos

Se seleccionó terrenos con buen drenaje, con diferentes condiciones climáticas en 3 zonas agroecológicas de la región Puno (Circunlacustre, Suni baja y Suni alta), luego se tomó muestras de suelos de estos campos, para realizar el análisis físico – químico del suelo en el laboratorio de suelos de la facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano (Anexo 17).

Preparación del terreno

Para la aradura y rastra se utilizó maquinaria agrícola (tractor) en cada zona de estudio, luego se procedió a realizar el trazado de bloques y surcado de los tratamientos para la siembra de cultivares nativos (Anexo 20, Figura 40).

Labores agrícolas

Se realizaron prácticas culturales como: deshierbo, desahijé, aporque, rouging. Las cuales fueron iniciadas a partir del primer mes de siembra en campo.

3.2.2 Método para la evaluación de la fenología

Para la evaluación de la fenología se utilizó el método propuesto por SENAMHI “Manual de observaciones fenológicas” (Anexo 02) y los “Descriptorios de la quinua y sus parientes silvestres” propuesta del (IPGRI) Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, actualmente Bioersity Internacional.

Esta variable fue observada una vez a la semana por zona agroecológica, utilizando las 14 fases fenológicas descritos por (Mujica y Canahua, 1989). En

horarios preferentemente antes de las 10 a.m. y los datos fenológicos se registraron en formatos especiales (Anexo 03).

3.2.3 Parámetro de evaluación del rendimiento de la quinua

Esta variable se evaluó cuando el cultivar de quinua cumpla su ciclo vegetativo. Se determinó en kg/parcela, luego se convirtió a kg/ha (Anexo 18-D), Adicionalmente se determinó el diámetro del grano expresados en milímetros usando una regla de vernier (Anexo 18-A), además se determinó el peso hectolítrico (gr/cm^3) de cada uno de los cultivares nativos (Anexo 18-B).

3.2.4 Método para la evaluación para la susceptibilidad al estrés abiótico

Registrada en condiciones naturales, cuando se presenta heladas o granizo, se evaluó la susceptibilidad al estrés abiótico de acuerdo a la Tabla 8, escala propuesta por Bioversity Internacional en “Descriptores de la quinua y sus parientes silvestres”.

Tabla 8: Escala de susceptibilidad para factores abióticos, propuesto por Bioversity Internacional.

Escala numérica	Observación	Susceptibilidad
0	Sin daños visibles en planta	Ninguno
1	De 0 a 10% de planta dañada	Muy baja
3	Hasta 30% de planta dañada	Baja
5	Hasta 50% de planta dañada	Intermedia
7	Hasta 70% de planta dañada	Alta
9	Hasta 90% de planta dañada	Muy alta

FUENTE: Bioversity Internacional (2013).

3.2.5 Métodos para la evaluación para la susceptibilidad al estrés biológico

Registrada en condiciones naturales de cada zona agroecológica, según escala de susceptibilidad propuesta por Bioversity Internacional, Tabla 9.

Tabla 9: Escala de susceptibilidad para factores bióticos, propuesto por Bioversity Internacional.

Escala numérica	Observación	Susceptibilidad
0	Sin daños visibles en planta	Ninguno
1	De 0 a 10% de planta dañada	Muy baja
3	Hasta 30% de planta dañada	Baja
5	Hasta 50% de planta dañada	Intermedia
7	Hasta 70% de planta dañada	Alta
9	Hasta 90% de planta dañada	Muy alta

FUENTE: Bioversity Internacional (2013).

a) Método de evaluación de la enfermedad del mildiu

Para esta investigación, la evaluación de la enfermedad del mildiu se ha realizado en campo. La evaluación en campo se basa principalmente en términos de incidencia expresado como el porcentaje de plantas afectadas con relación a la población total y severidad como el porcentaje del área foliar afectado en una planta enferma. Por lo que se ha adoptado la evaluación mediante la escala diagramática propuesta por Solveig Danielsen y Teresa Ames (2000), Anexo 4.

Procedimiento para evaluar la severidad del mildiu

- De cada parcela se escogió al azar 6 plantas
- De cada planta se escogió 3 hojas al azar, una de cada tercio
- Se evaluó el porcentaje de área afectada de cada hoja usando la escala adjunta.
- Se describió el desarrollo de la enfermedad a lo largo de la época del cultivo y para identificar diferencias entre cultivares se calculó un valor del Área Bajo la Curva de Progreso de *Peronospora variabilis* Gäum. (ABCPPV), en base a mediciones de severidad.

La fórmula general para el cálculo de (ABCPPV) es:

$$ABCPPV = \sum_i^{n-1} (y_i + y_{i+1}) / 2X(t_{i+1} - t_i)$$

Dónde: n es el número de evaluaciones, y es la severidad y t es el número de días después de la siembra en que se hace la evaluación.

- El promedio de 3 lecturas de ABCPPV como mínimo equivale al valor de la severidad de cada cultivar. (1% – 20% = Resistente; 25% – 45% = tolerante; 50% - 100% = Susceptible).

b) Método para la evaluación de daño provocado por aves

Para esta variable de estudio se utilizó la metodología propuesta por Delgado (2012), donde para la cuantificación del daño ocasionado en la panoja se utilizó la escala de cuantificación de la Tabla 10.

Dónde: ID = índice de daño y la formula es,

$$ID = \frac{N^{\circ} \text{ panoja grado } 1(1) + N^{\circ} \text{ panoja grado } 2(2) + \dots + N^{\circ} \text{ panoja grado } 5(5)}{N^{\circ} \text{ total panojas de la muestra}}$$

Tabla 10: Escala de cuantificación de daños para aves plaga, propuesta por INIA.

Escala visual	Característica	Grado de daño en panoja
1	panoja sin daños	ninguno
2	1 – 25% de daño	moderado
3	26 – 50% de daño	medio
4	51 – 75% de daño	fuerte
5	76 – 100% de daño	muy fuerte

FUENTE: Delgado (2012).

3.3 DISEÑO ESTADÍSTICO

El experimento se repite en tres zonas agroecológicas con la misma estructura, con esto se desea obtener conclusiones válidas para toda la región Puno, entonces es necesario analizar por separado las zonas agroecológicas y luego realizar un análisis que integre a todas. En este caso ocurre que el bloque uno de la zona

agroecológica Circunlacustre no es el mismo bloque uno de la zona agroecológica Suni Baja, a esto se le llama ANIDACIÓN y se dice que "el bloque está anidado en una zona agroecológica". Entonces el diseño que corresponde a este experimento es bloques completos al azar con estructura anidada de bloques.

Donde:

$i = 1, 2, \dots, t$ (cultivares de quinua)

$j = 1, 2, \dots, r$ (Bloques)

$k = 1, 2, \dots, k$ (zonas agroecológicas)

Modelo lineal estadístico

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_{j/k} + \delta_k + (\alpha\delta)_{ik} + E_{ijk}$$

En donde:

Y_{ijk} = es la observación al i -ésima cultivar de quinua en el j -ésimo bloque o repetición de la k -ésima zona agroecológica.

μ = es la constante o promedio de la población en general.

α_i = es el efecto del i -ésimo cultivar de quinua.

$\beta_{j/k}$ = es el efecto del i -ésimo bloque en la k -ésima zona agroecológica.

δ_k = es el efecto de la k -ésima zona agroecológica.

$(\alpha\delta)_{ik}$ = es el efecto de la interacción entre la i -ésima cultivar de quinua y la k -ésima zona agroecológica.

E_{ijk} = error experimental asociado a la observación Y_{ijk} .

Bajo estas condiciones, este diseño permitió suficientes grados de libertad para el error como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11: Fuentes de variación y grados de libertad del diseño estadístico.

Fuente de variabilidad	G.L.
zona agroecológica (k-1)	2
bloques (zona agroecológica) (r-1)k	6
cultivares de quinua (t-1)	18
Interacción (k-1)(t-1)	36
Error (r-1)(t-1)k	108
Total rtk-1	170

Leyenda: G.L. = Grados de Libertad.

FUENTE: Elaboración propia (2015).

Descripción de los tratamientos

En la Tabla 12 se describe la descripción de los tratamientos constituidos por la combinación de dos factores: 3 tipos de Zonas agroecológicas y 19 cultivares de quinua con 3 repeticiones, haciendo un total de 171 unidades experimentales.

Tabla 12: Distribución de tratamientos por zonas agroecológicas en la campaña agrícola 2014 – 2015.

N°	Cultivares de quinua	zonas agroecológicas								
		Circunlacustre			Suni baja			Suni alta		
		B I	B II	B III	B I	B II	B III	B I	B II	B III
1	Blanca de Juli	1	7	11	13	3	12	11	3	18
2	Chajcha	2	13	8	7	12	8	9	12	13
3	Chaucha Rosada	3	1	1	1	14	1	19	14	19
4	Choclito	4	5	2	6	13	2	4	13	17
5	Chullpi blanco	5	18	7	14	16	14	7	16	6
6	Chullpi rojo	6	9	13	5	10	5	12	10	3
7	Cuchiwila	7	2	12	12	9	13	16	9	16
8	Kancolla	8	17	6	10	19	19	17	6	2
9	Mestiza	9	19	19	11	2	6	5	19	12
10	Mistura	10	8	5	2	17	9	3	2	10
11	Pasankalla roja	11	6	18	19	5	11	15	17	9
12	Pasankalla ploma	12	3	9	17	8	17	13	5	14
13	Q´oitu blanco	13	16	17	18	18	18	2	8	15
14	Q´oitu caoba	14	10	4	3	7	4	8	18	4
15	Q´oitu rojo	15	14	16	8	15	15	1	7	5
16	Rosada	16	11	15	16	1	7	6	15	1
17	Salcedo INIA	17	4	14	15	4	16	18	1	7
18	Wariponcho	18	12	10	9	11	10	14	4	11
19	Witulla	19	15	3	4	6	3	10	11	8

FUENTE: Elaboración propia (2015).

Unidad experimental

Cada parcela fue de 2m de largo por 1.2m de ancho, compuesto de cuatro surcos separados a 0.30 m entre surcos, haciendo un área total 2.4 m² (Anexo 01). Esta unidad se realizó en cada zona agroecológica.

Bloques

En cada zona se instaló 3 bloques separadas a 1m cada uno y cada bloque agrupo 19 tratamientos separadas a cada 0.50m, que fueron distribuidos completamente al azar. Cada bloque ocupó una superficie de 63.6 m², el área total fue de 280 m². (Anexo 01).

3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis de datos se efectuó por medio del análisis de varianza (ANVA) y una prueba de Tukey para establecer diferencias mínimas significativas entre los tratamientos, utilizando el programa estadístico INFOSTAT versión 2015 (Anexo 18).

Algunas variables de respuesta fueron sujetas a transformación de datos, la transformación ***Arcoseno*** $\sqrt{x/100}$ cuando los datos son expresados en porciento o son proporciones de la muestra total. Por lo general estos datos tienen una distribución binomial y no de una distribución normal como se espera.

Debido a que el experimento se encontraba en condiciones de campo libre se permitió un margen de error del 5% ($\alpha = 0.05$).

CAPÍTULO IV. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

4.1 ÁMBITO DE INVESTIGACIÓN

Los lugares de ejecución de la investigación se desarrollaron en 3 zonas agroecológicas de la región Puno. La muestra para la zona agroecológica Circunlacustre, fue ubicada en la provincia de Chucuito, distrito de Juli, en la comunidad de Palermo Rio Salado (Figura 2), para la zona agroecológica Suni baja se ubicó en la provincia de Puno, distrito de Platería, comunidad campesina Camacani, sector Buena Vista (Figura 3) y en la zona agroecológica Suni alta, se ubicó en la provincia de Puno, distrito de Paucarcolla, Centro Poblado de Moro, sector Canchisiete (Figura 4).

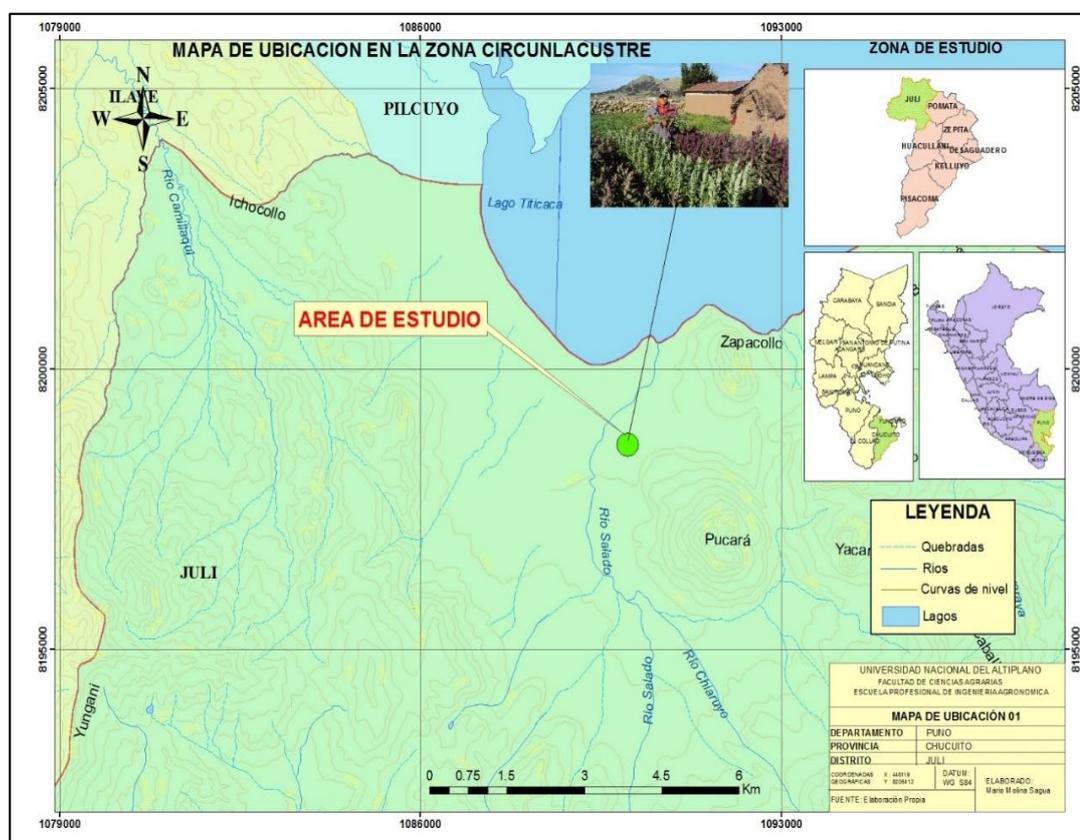


Figura 2: Mapa de ubicación de la zona Circunlacustre en la región Puno.
FUENTE: Elaboración propia (2015).

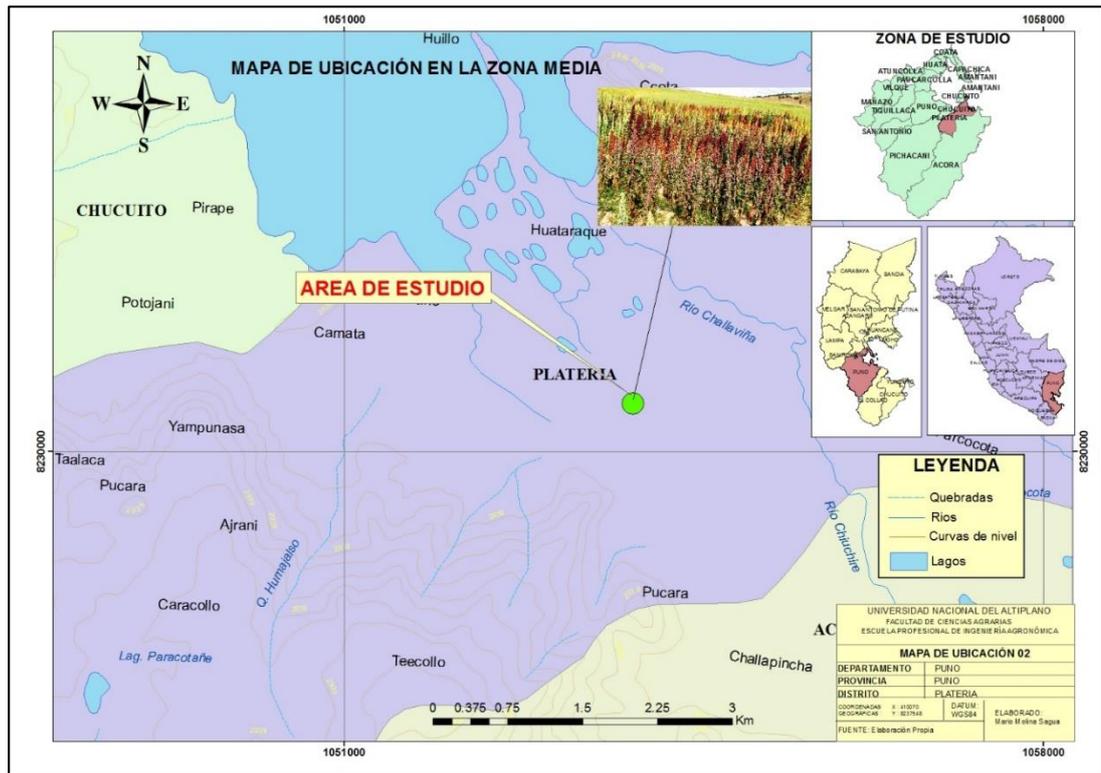


Figura 3: Mapa de ubicación de la zona Suni baja en la región Puno.
FUENTE: Elaboración propia (2015).

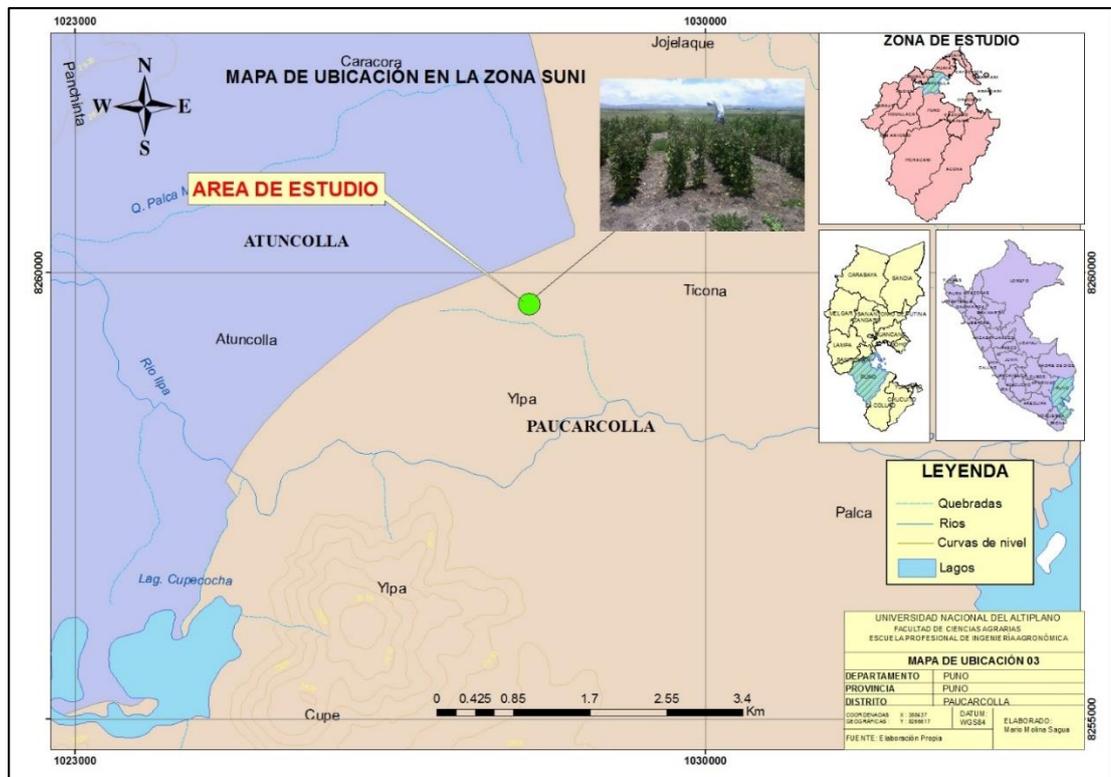


Figura 4: Mapa de ubicación de la zona Suni alta en la región Puno.
FUENTE: Elaboración propia (2015).

Para conocer la influencia de factores meteorológicos en estas zonas agroecológicas, en la Tabla 13 se describe a las estaciones meteorológicas cercanas a cada zona agroecológica, donde registran información de; precipitación, temperatura mínima, temperatura máxima, humedad relativa y velocidad de viento.

Tabla 13: Ubicación de las estaciones meteorológicas en las tres zonas agroecológicas de la región Puno.

Estación	Región	Longitud	Latitud	Altitud
Juli	Puno	69.46019	16.20406	3812
Acora	Puno	69.64528	16.08853	3830
Illpa	Puno	70.33361	15.66694	3820

FUENTE: FAO y SENAMHI (2010).

4.2 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

En la figura 5, se muestra las temperaturas mínimas de las zonas en estudio, registrados por las estaciones de Juli (zona Circunlacustre) Acora (zona Suni baja) e Illpa (zona Suni alta), durante la campaña agrícola 2014-2015. Donde se registró la temperatura más mínima en el mes de mayo, en la zona Suni alta -4.2°C en promedio, luego las zonas Suni baja y Circunlacustre con 1°C en promedio.

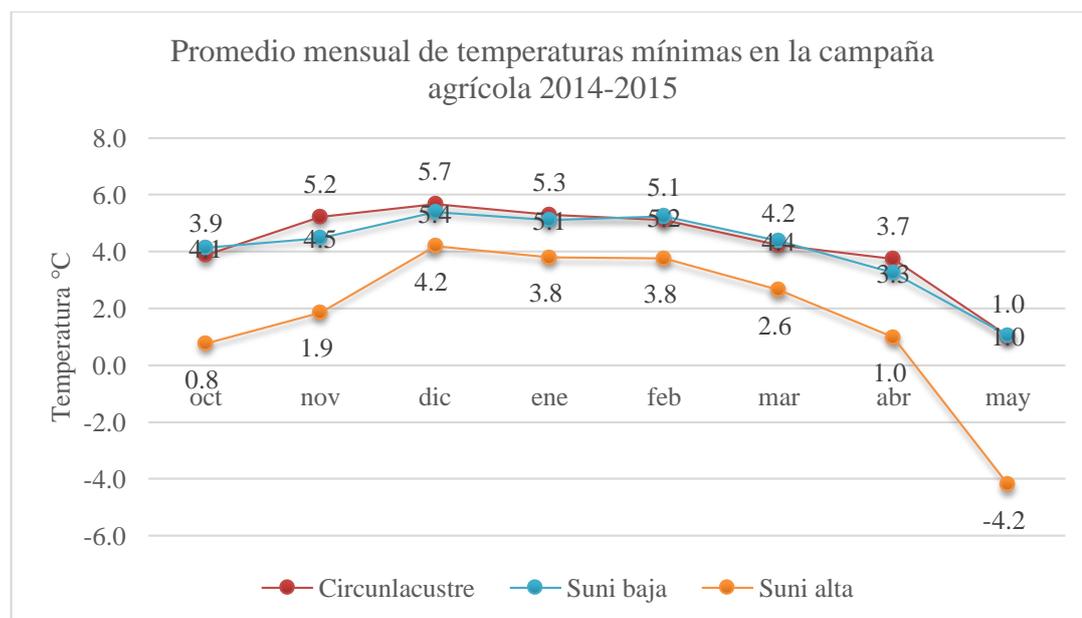


Figura 5: Histograma de temperaturas mínimas durante la campaña agrícola 2014-2015 en tres zonas agroecológicas de la región Puno. FUENTE: Elaboración propia (2015).

En relacion a temperaturas máximas presentadas en la campaña agrícola 2014 – 2015 (Figura 6). La zona Suni alta, registra mayores cantidades de temperaturas maximas 20°C y la zona circunlacustre registra menores cantidades 13.9°C, este factor climático influye en la evaporación del agua, el acondicionamiento del habitat de plagas, que pudieron afectar en el rendimiento del grano o en la floración.

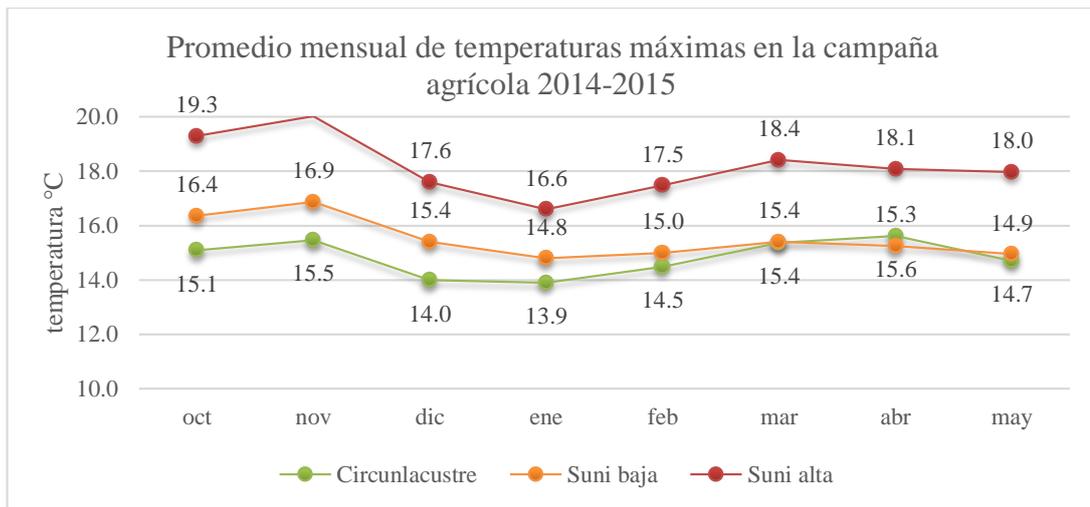


Figura 6: Histograma del promedio mensual de temperaturas máximas en la campaña agrícola 2014-2015 en tres zonas agroecológicas de la región Puno. FUENTE: Elaboración propia (2015).

En la Figura 7, se observa las diferencias de precipitaciones pluviales mensuales de las 3 zonas agroecológicas en la campaña agrícola 2014 -2015, la mayor precipitación pluvial se registró en el mes de enero, la zona Circunlacustre registró 278.8 mm, la zona Suni alta 218.1 mm, y la zona Suni baja con 206.5 mm.

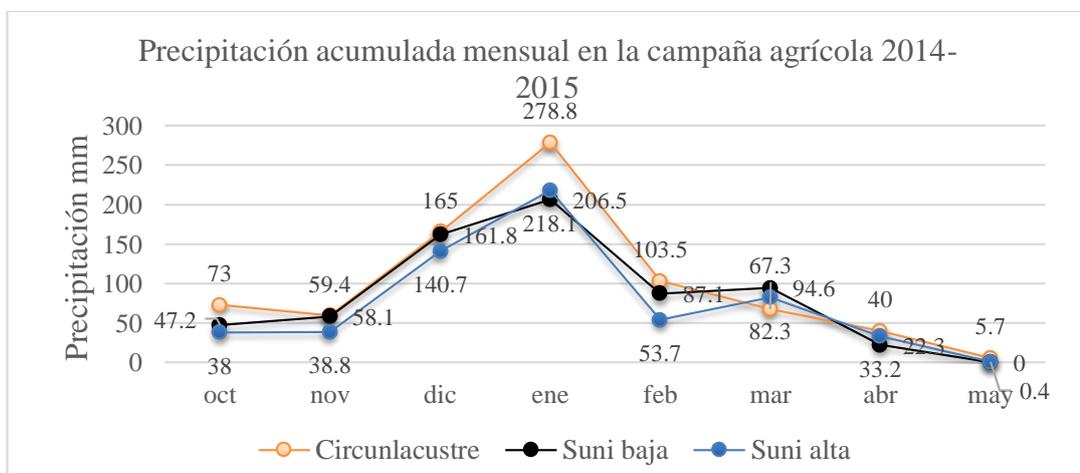


Figura 7: Histograma de precipitación acumulada mensual, durante la campaña agrícola 2014-2015 en tres zonas agroecológicas de la región Puno. FUENTE: Elaboración propia (2015).

CAPITULO V. EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

5.1 VARIACIÓN DE LA FENOLOGÍA DE CULTIVARES DE QUINUA EN ZONAS AGROECOLÓGICAS.

En este primer objetivo planteado se consideraron 7 fases fenológicas del cultivo de quinua (emergencia, ramificación, panojamiento, floración, grano lechoso, grano pastoso y madurez fisiológica) que han sido bien diferenciados en sus comportamientos en las tres zonas agroecológicas del departamento de Puno (Anexo 20, Figura 41).

En la Tabla 14 se describen el análisis de varianza para las distintas fases fenológicas de 19 cultivares nativos de quinua, este análisis mostró diferencias visibles al 1% de probabilidad ($Pr > 0.01$) para zonas agroecológicas y cultivares de quinua. Para la interacción de cultivares de quinua por zonas agroecológicas, se observó diferencias al 1% ($Pr > 0.01$) y 5% ($Pr > 0.05$) respectivamente.

Asimismo, las fases fenológicas tuvieron un coeficiente de variabilidad de (0.24 a 6.16 %) que están en el rango permitido para este tipo de investigación. (Little & Hills, 1991).

Estos análisis de probabilidad realizados, indicaron que las cultivares de quinua en al menos en una de las zonas agroecológicas fueron diferentes. Las interacciones significativas al 5% de probabilidad indicaron que los efectos de cultivares de quinua por zonas agroecológicas no son independientes.

Tabla 14: Análisis de varianza para 19 cultivares de quinua (*Cheopodium quinoa* Willd.) evaluados en sus distintas fases fenológicas en tres zonas agroecológicas del departamento de Puno, 2015.

F.V	g.l.	Emergencia de plántulas	Ramificación	Panojamiento	Floración	Grano lechoso	Grano pastoso	Madures fisiológica
zona agroecológica	2	2447.2**	4174.32**	3884.8**	25720.75**	11096.26**	7839.23**	16817.12**
zona agroecológica>bloques	6	2.02*	29.98**	26.52**	69.68**	52.89**	179.27**	40.06**
cultivares de quinua	18	4.65**	22.75**	424.46**	547.57**	730.59**	714.12**	2373.61**
cultivares de quinua*zona	36	1.57*	6.81**	51.52**	207.19**	48.61**	41.83*	48.44**
Error	108	0.88	0.25	0.96	7.79	0.09	20.1	6.41
Total	170							
C.V.		6.16	1.08	1.2	2.82	0.24	3.02	1.49

Leyenda: F.V.: Fuentes de Variabilidad

g.l.: grados de libertad

*Significación estadística al Pr < 0.05;

C.V.: Coeficiente de Variabilidad

**Significación estadística al Pr < 0.01.

Fuente: Elaboración propia (2016).

5.1.1 Días a la emergencia

De acuerdo al análisis de significación de Tukey ($\alpha=0.05$), en la figura 8, se observa que la emergencia de plántulas es totalmente diferente en cada una de las zonas agroecológicas, en la zona Circunlacustre la emergencia ocurrió a los 18.5 días, en la zona Suni baja a los 7.6 días y en la Zona Suni alta a los 19.4 días en promedio.

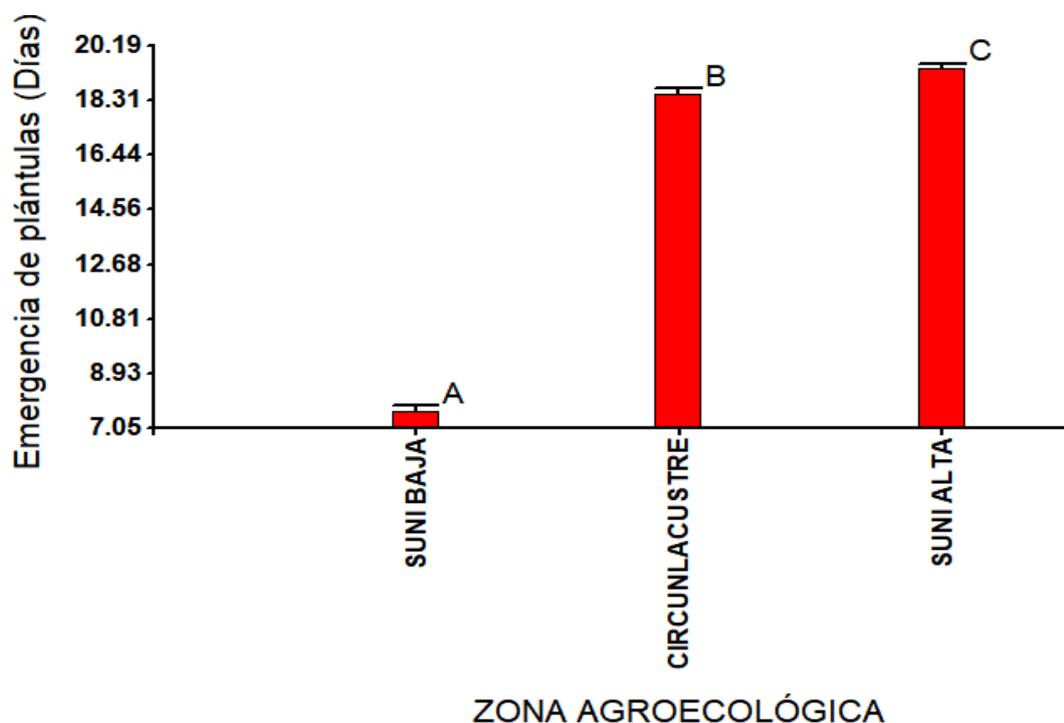


Figura 8: Comparación de días a la emergencia de plántulas en cada zona agroecológica durante la campaña agrícola 2014-2015.

Mujica y Canahua (1989) manifiestan que la germinación de la quinua se inicia a las pocas horas de ser expuesta a la humedad del suelo y la emergencia ocurre normalmente a los 3 días después de la siembra, en nuestra investigación para las zonas agroecológicas Circunlacustre y Suni baja, la emergencia tardó de 18 a 19 días, esto posiblemente por los escasos de precipitación pluvial que no llegó al requerimiento de agua para la emergencia del cultivo y la ausencia de lluvias por más de una semana, como se muestra en la Figura 9.

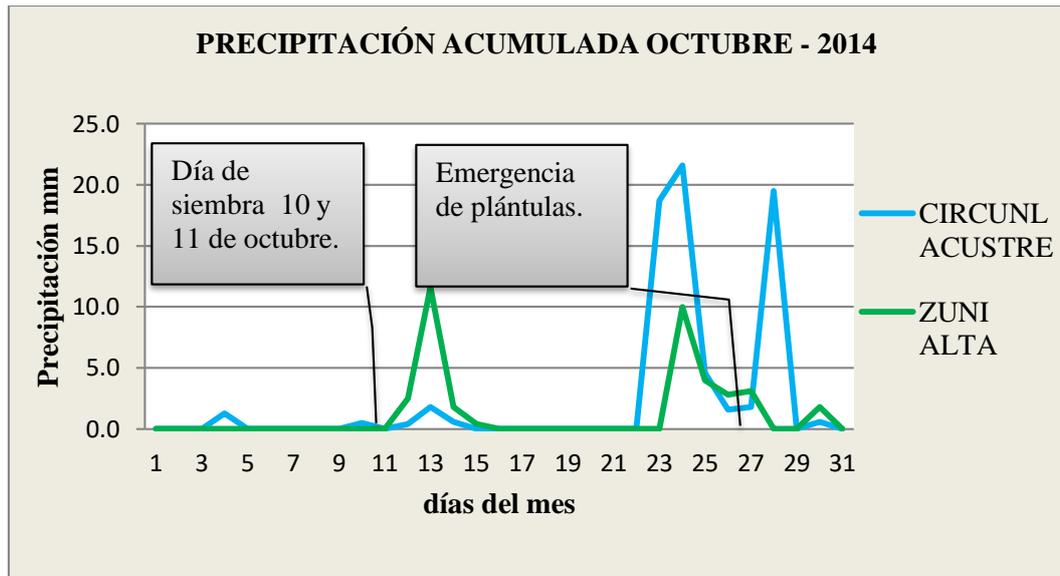


Figura 9: Precipitación acumulada en zona Circunlacustre y Suni alta en el mes de octubre 2015.

En la zona agroecológica Suni baja, la emergencia de las plántulas tuvo un promedio de 7.6 días, estos días se acortó posiblemente por la siembra a capacidad de campo, ya que las precipitaciones pluviales coinciden con la fecha de siembra como se observa en la Figura 10.

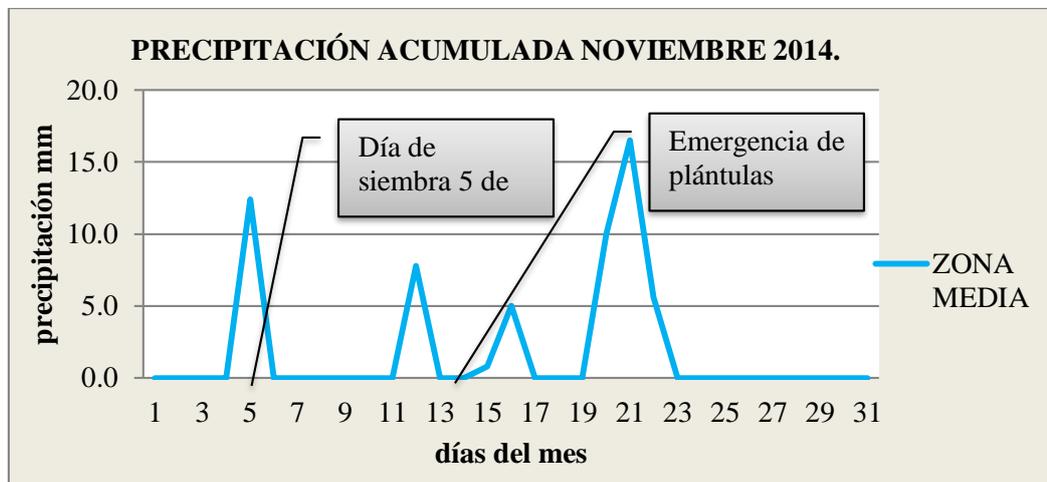


Figura 10: Precipitación pluvial acumulada en la zona suni baja para el mes de noviembre 2015.

De otra parte, cuando se comparó la interacción zonas agroecológicas * cultivares de quinua para días de emergencia, se encontró que zona Circunlacustre los cultivares que germinaron más rápido que los otros son: Pasankalla ploma y Pasankalla rosada a los 16 días. En la zona agroecológica Suni media los cultivares

que emergieron primeramente a los 7 días fueron: Blanca de Juli, Kancolla, Pasankallas, Wariponcho y Rosada. Finalmente, en la zona Suni alta los cultivares que emergieron con anterioridad a los 18 días fueron: Pasankalla ploma y Pasankalla rosada (Figura 11 y Anexos 5,6,7).

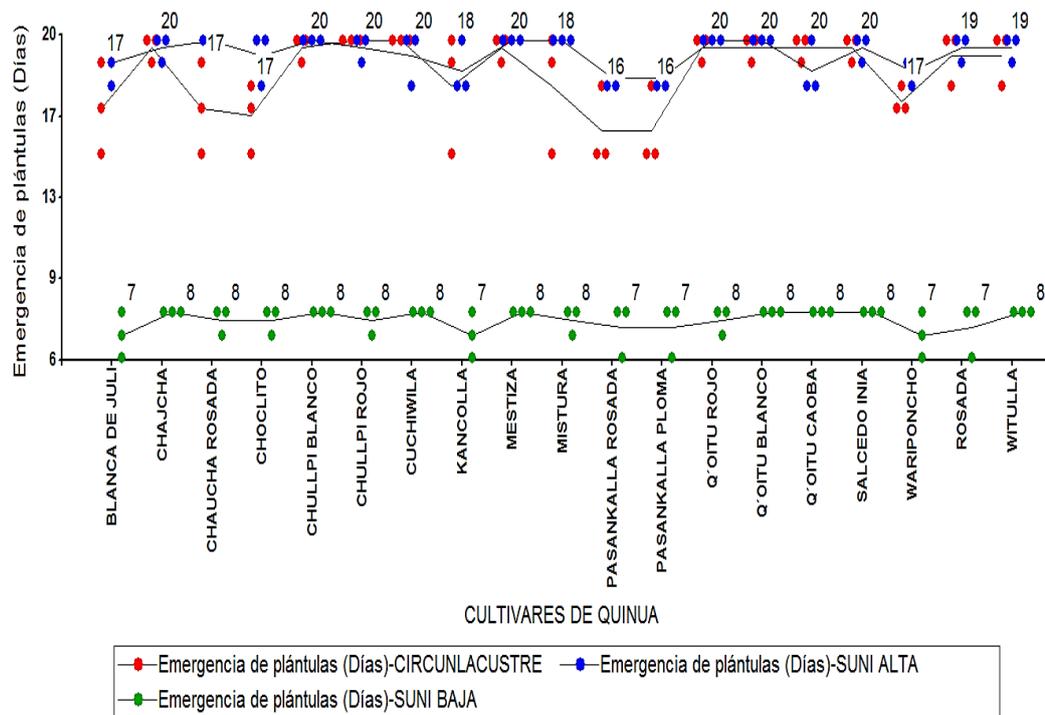


Figura 11: Interacción de zonas agroecológicas y cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) para la variable emergencia de plántulas. Puno, 2015.

5.1.2 Días a ramificación

En la Tabla 14 muestra el análisis de varianza para días a ramificación, constatándose que hay diferencias altamente significativas para los cultivares de quinua, y zonas agroecológicas, lo que quiere decir que los cultivares difieren significativamente en la ramificación. El coeficiente de variación es de 1.08% considerado muy bueno.

La prueba de Tukey para ramificación de los cultivares muestran 6 grupos diferenciados (Figura 12), indicando que los cultivares: Mestiza, Pasankalla rosada, Cuchiwila, Kancolla y Q’oiturojo caoba, tienen un promedio de 44 días a la ramificación, los cultivares: Blanca de Juli, Pasankalla ploma, Salcedo INIA,

Q'oitu rojo, Mistura y Chajcha, 45 días de promedio a la ramificación, los cultivares: Rosada, Witulla, Chullpi rojo 47 días a la ramificación y finalmente los cultivares: Wariponcho, Chaucha rosada, Chullpi blanco, Q'oitu, y Choclito, alcanzaron la ramificación a los 48.02 días, es decir que, para las 3 zonas agroecológicas la ramificación tiene un promedio de 46.02 días con una variación de 36 a 58 días (Anexo 5,6,7).

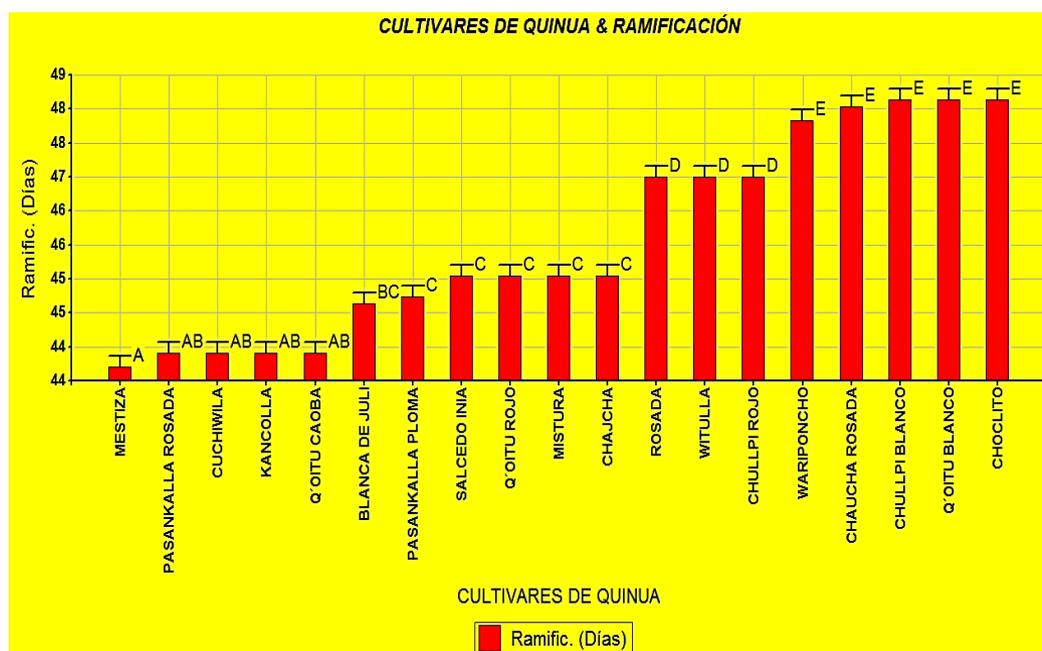


Figura 12: Comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0.05$) para días a la ramificación de 19 cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Puno, 2015.

En la Figura 13, se observa la comparación de medias de días a la ramificación en las 3 zonas agroecológicas, donde en la zona agroecológica Circunlacustre y Suni baja, todos los cultivares entran homogéneamente a la fase de Ramificación con un rango de 37 a 46 días, diferenciándose en 5 días de ambas zonas. Mientras en la zona Suni alta esta fase fenológica se alargó hasta los 53 a 58 días, diferenciándose hasta 12 días en comparación a las demás zonas agroecológicas, además los cultivares como: Blanca de Juli, Chajcha, Chullpi rojo, Mistura, Pasankalla ploma, Q'oitu rojo, Salcedo INIA, Rosada y Witulla se

comportaron diferentes en la fase de ramificación en comparación con las zonas Circunlacustre y Suni Baja.

Los resultados en función a las zonas agroecológicas dejan ver que el promedio en días para ramificación en la zona Suni baja es 39.02 días, en la zona Circunlacustre fue de 43.49 y la zona Suni alta de 55.56, existiendo diferencias de 5 hasta 12 días, estos resultados hacen notar la influencia de factores abióticos como las bajas temperaturas, que según Mujica y Canahua (1989), esta fase es muy susceptible a estos fenómenos y producen el colgado del ápice, por lo tanto, puede influir en el alargamiento de la fase fenológica y posteriormente afectar en el rendimiento.

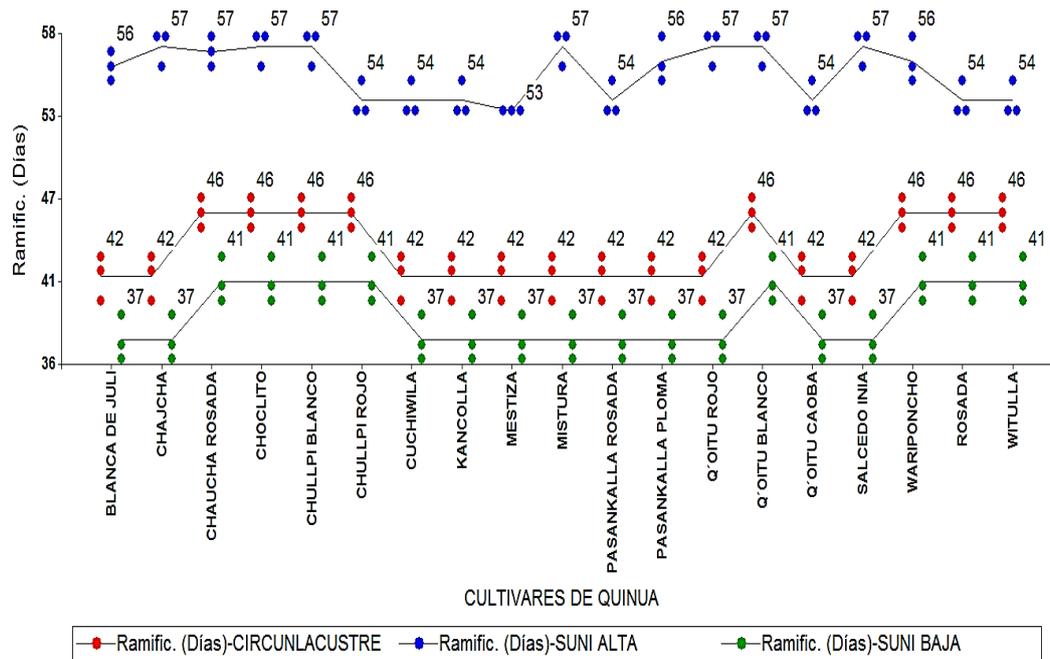


Figura 13: Interacción de zonas agroecológicas y cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) para la variable días a la ramificación. Puno, 2015.

5.1.3 Días a inicio de formación de panoja

De la Tabla 14, que contiene el ANVA resultante para la variable formación de panoja, se observa que, en el inicio de formación de panoja, existen diferencias altamente significativas entre zonas agroecológicas y cultivares de quinua. Por lo tanto, se realizó una comparación de medias.

La prueba de comparación Tukey para días a panojamiento de las cultivares de quinua, muestra 6 grupos en función a medias similares con rango de 74 días hasta 95 días, destacándose a las cultivares: Pasankalla ploma y Rosada son diferentes al resto de cultivares con medias de 82.67 días para Pasankalla ploma y 87.33 días para Pasankalla Roja, existiendo una diferencia de 4.66 días entre los dos cultivares, Figura 14.

En cuanto a zonas agroecológicas, en la Tabla 14 se muestra que, en la zona Circunlacustre las plantas de quinua iniciaron formación de panoja a los 74.14 días, en la zona Suni baja a los 80.11 días y en la zona Suni alta a los 90.46 días, diferenciándose un rango de 16.32 días entre estas zonas.

Estos resultados se atribuyen posiblemente a factores climáticos, como la precipitación, que en esta etapa fue de 278.8 mm en la zona Circunlacustre, 218.1 mm en la zona Suni alta y en la zona Suni baja 206.5 mm (Anexo 12).

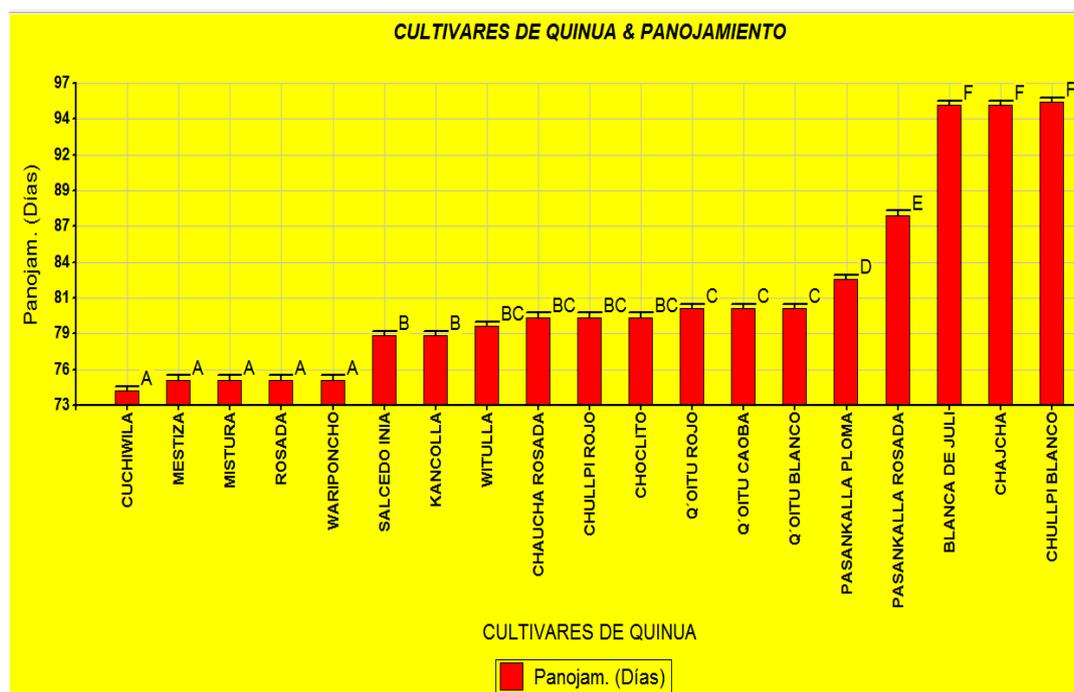


Figura 14: Comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0.05$) para días al panojamiento de 19 cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Puno, 2015.

De acuerdo con Rea (1969), manifiestan que, en este periodo se aprecia el amarillamiento de las dos primeras hojas verdaderas y la caída de las hojas que ya no son fotosintéticamente activas, fenómeno que se acelera en épocas secas y ocasiona una evolución fisiológica de las plantas, ya que desecha órganos que no están aportando nada para su desarrollo y produce una fuerte elongación y engrosamiento del tallo. En la presente investigación en el periodo de panojamiento se pudo observar con claridad los cambios de: color de la planta, presencia de axilas pigmentadas, coloración de la panoja, etc. (Figura 15).



Figura 15: Conformación de panojas de diferentes cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la zona agroecológica Circunlacustre del departamento de Puno. Campaña agrícola 2014-2015.

La interacción zonas agroecológicas* cultivares de quinua que se presenta en la figura 16, indican que el cultivar Blanca de Juli, Chajcha y Chullpi blanco tienen días de panojamiento bastante tardías, casi en todas las zonas agroecológicas, mientras los demás cultivares no actúan independientemente en función a zonas agroecológicas.

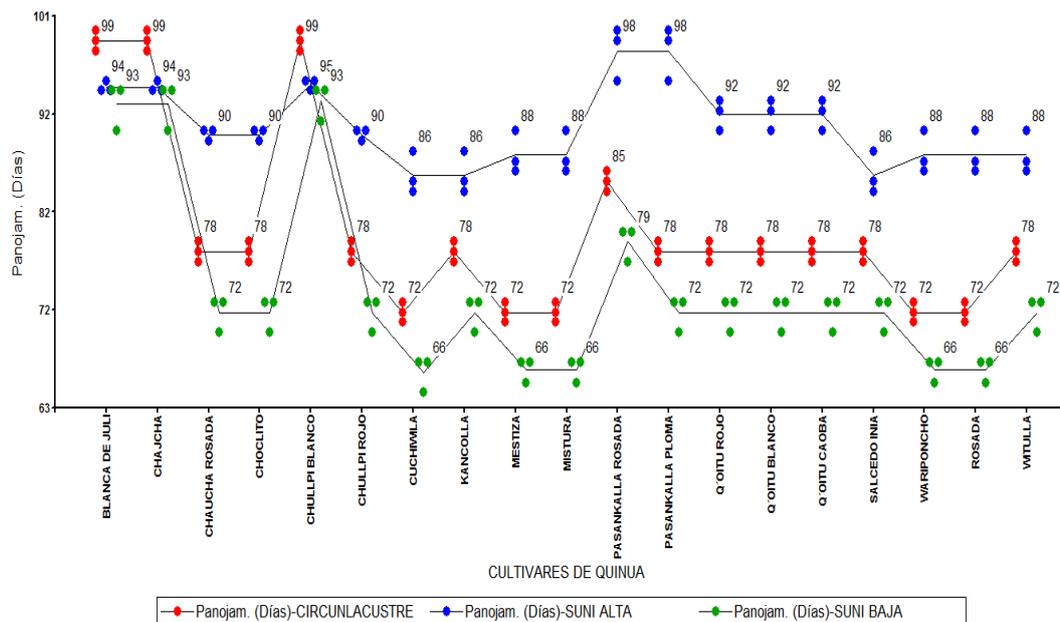


Figura 16: Interacción de 3 zonas agroecológicas y 19 cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) para la variable días a panojamiento, Puno, 2015.

5.1.4 Días a floración

Para la evaluación de este periodo se tuvo en cuenta que el 50% de las flores de la inflorescencia estuvieran abiertas. El coeficiente de variación es aceptable 2.82 %. La prueba de Tukey al 5%, estableció nueve rangos de significación para las 19 cultivares, donde la cultivar Wariponcho fue la más precoz obteniendo el primer rango (A) con un valor de 88.56 días a la floración mientras que las cultivares Chullpi blanco, Blanca de Juli y Chajcha fueron las más tardías a los días de floración (Figura 17).

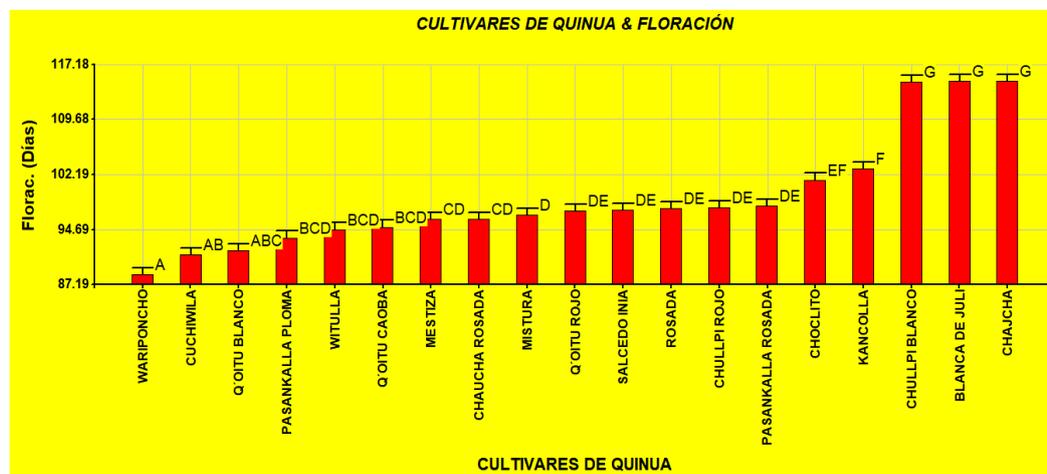


Figura 17: Comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0.05$) para días a la floración de 19 cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Puno, 2015.

Respecto a las localidades el ANVA en la Tabla 14, se observaron diferencias estadísticamente altamente significativas, ya que para la zona Circunlacustre la duración de este periodo fue de 90.84 días, para la zona Suni baja 82.98 y la zona Suni alta 123.07 días. De acuerdo con Mujica y Canahua (1989), esta fase es muy sensible a heladas, pudiendo la quinua resistir temperaturas sólo hasta -2°C , factor que probablemente incidió en los resultados obtenidos, ya que, para esta fase del cultivo, el SENAMHI reportó temperaturas de -1.7°C en la fecha 4 de febrero en la zona Suni alta.

La interacción en la Figura 18, muestra que la cultivar más precoz a la floración en la zona Suni baja es el cultivar Cuchiwila con 69.33 días. En la zona Circunlacustre el cultivar Wariponcho a los 79.33 días, y en la zona Suni alta el cultivar Witulla a los 111 días. En cambio, las cultivares tardías son: Blanca de Juli en la zona Circunlacustre con 112 días, también reportó como tardía el cultivar blanca de Juli para la zona Suni baja con 102.67 días, en cambio para la zona Suni alta la cultivar Rosada fue la más tardía con 138 días a la floración.

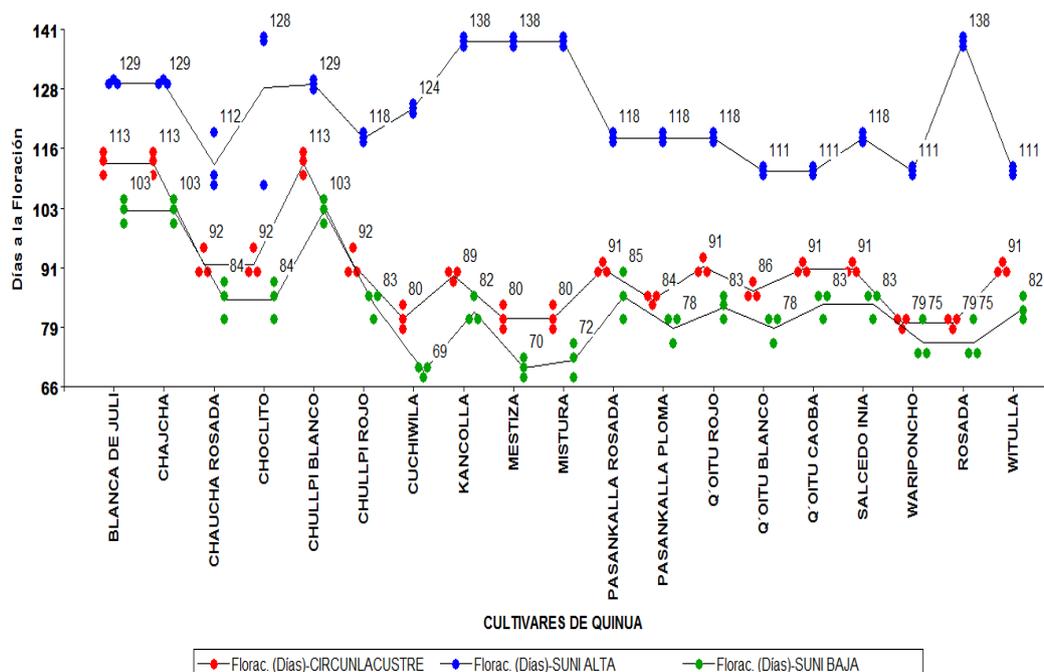


Figura 18: Interacción de 3 zonas agroecológicas y 19 cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) para la variable días a la floración, Puno, 2015.

5.1.5 Días a grano lechoso

Para la evaluación de este periodo se tuvo en cuenta que el 50% de panojas presente grano lechoso a ser presionados con las uñas. El coeficiente de variación fue de 0.24%. El análisis de varianza para los días a grano lechoso indica que hay diferencias estadísticas altamente significativas para las zonas agroecológicas, cultivares de quinua y la interacción entre ambos (Tabla 14).

Los resultados de la prueba Tukey muestran 9 grupos de cultivares, destacándose la cultivar Chaucha rosada que es diferente a los demás cultivares con media de 117.33 días a panojamiento, otra de las cultivares diferentes a los demás es Chullpi rojo con media 125.22 días, Blanca de Juli con media de 130.78 días, Cuchiwila, 131.44 días, Chullpi blanco 132.33 días y Chajcha 137 días, que es necesario tomar en cuenta para comparar la madurez fisiológica (Figura 19).

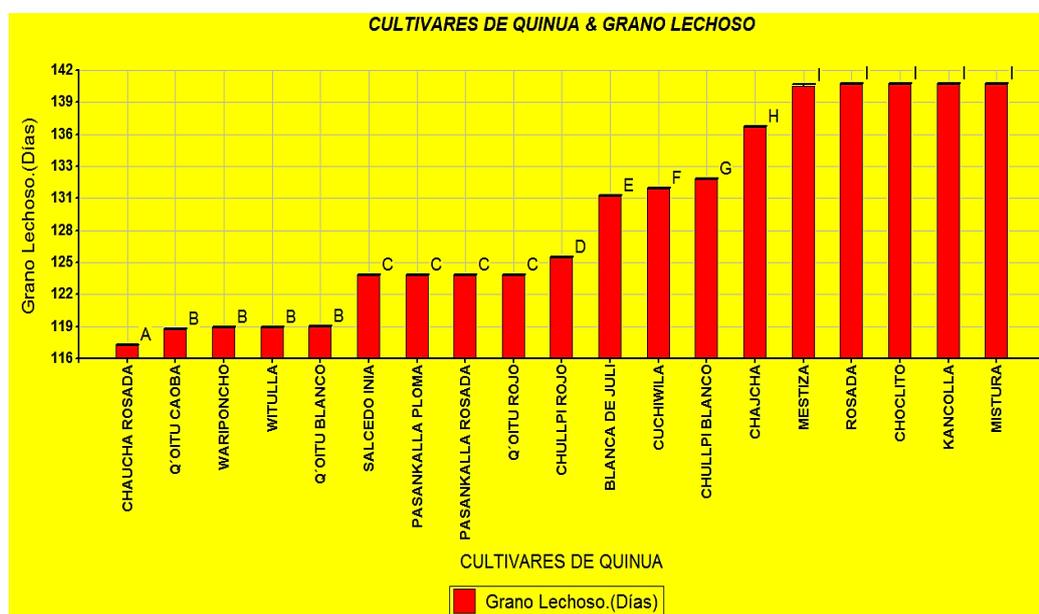


Figura 19: Comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0.05$) para días a la formación de grano lechoso de 19 cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Puno, 2015.

En la Figura 20 se muestra la comparación de los cultivares de quinua en cada zona agroecológica, donde los valores para grano lechoso, están entre 108 a 158 días. Además, se puede observar que los cultivares: Chaucha rosada y Witulla

son precoces en todas las zonas agroecológicas en cuanto a la formación de grano lechoso. Finalmente, las tardías a esta etapa son: Chullipi Rosada, Choclito, Kancolla, Chajcha.

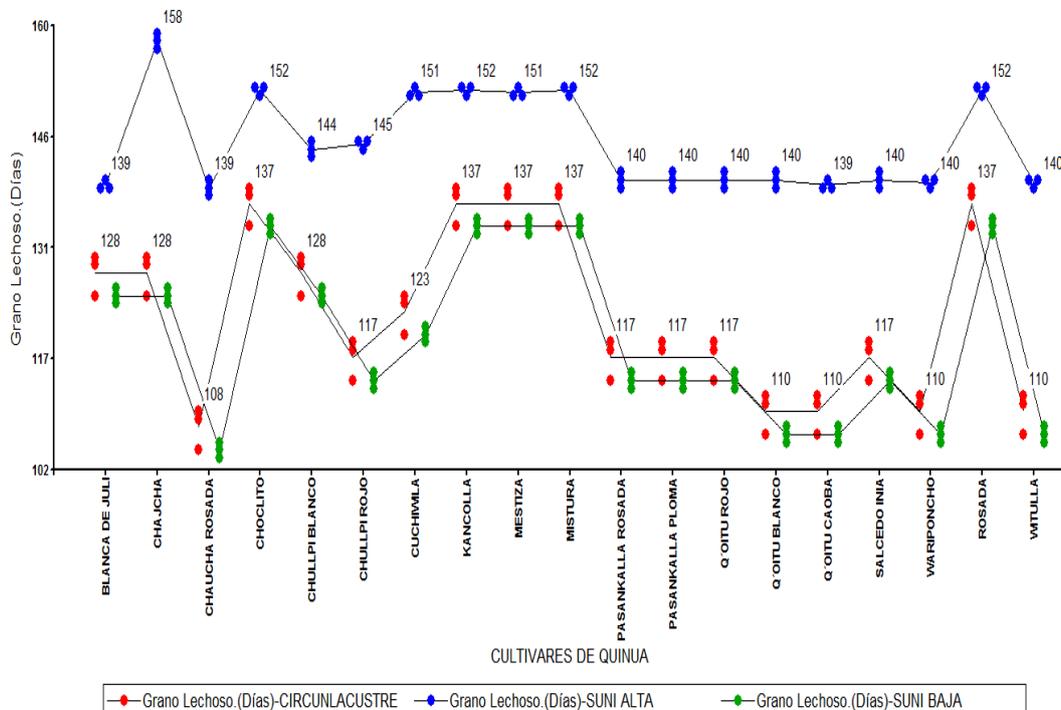


Figura 20: Interacción de 3 zonas agroecológicas y 19 cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) para la variable días a la formación de grano lechoso, Puno, 2015.

5.1.6 Días a grano pastoso

El análisis de varianza para los días a grano pastoso en el cuadro 14, indica que hay diferencias altamente significativas y el coeficiente de variación fue de 3.02%. Entonces los resultados de la prueba Tukey para 19 cultivares de quinua en la Figura 21, muestran 8 grupos de cultivares similares, siendo los valores más tardíos: Rosada con media de 165.89 días, Chajcha con 164 días, Mestiza 161.56 días y las que tienen valores menores a días a la formación de grano pastoso fueron los cultivares nativos como: Witulla a los 139.22 días, Qoitu blanco y Qoitu rojo a 140 días a la formación de grano pastoso.

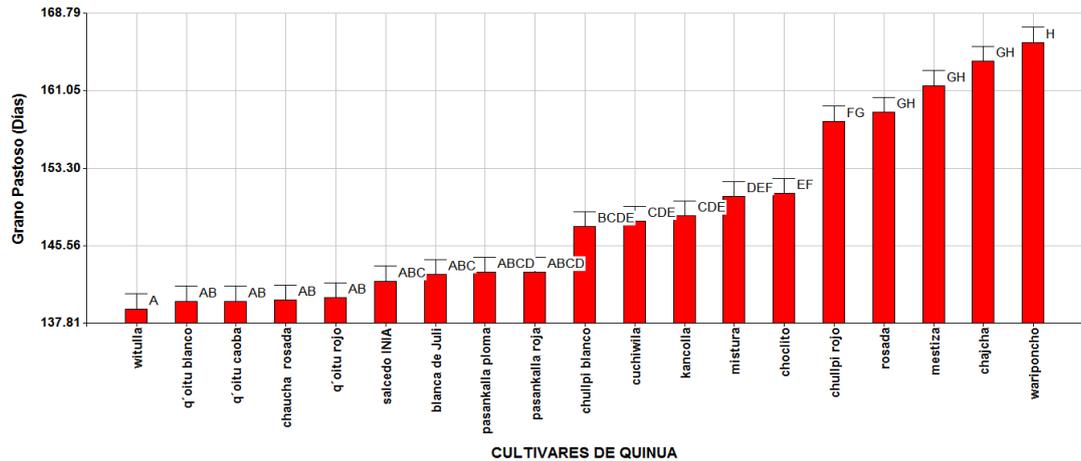


Figura 21: Comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0.05$) para días a la formación de grano pastoso de 19 cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Puno, 2015.

Los valores de las 3 zonas agroecológicas en cuanto a la formación de grano pastoso están entre 125 a 196 días para los diferentes tratamientos, como se muestra en la Figura 22. Cabe destacar que el cultivar Witulla fue considerado como la más precoz en la zona agroecológica Suni baja (125 días) y en zona agroecológica Suni alta (151 días), seguido por chaucha rosada en la zona Circunlacustre (129 días). Los cultivares que se comportaron como tardía son: en la zona Circunlacustre, Chajcha, (158 días), Mestiza (155 días), Salcedo INIA (148 días), Rosada (155 días) ver Figura 22.

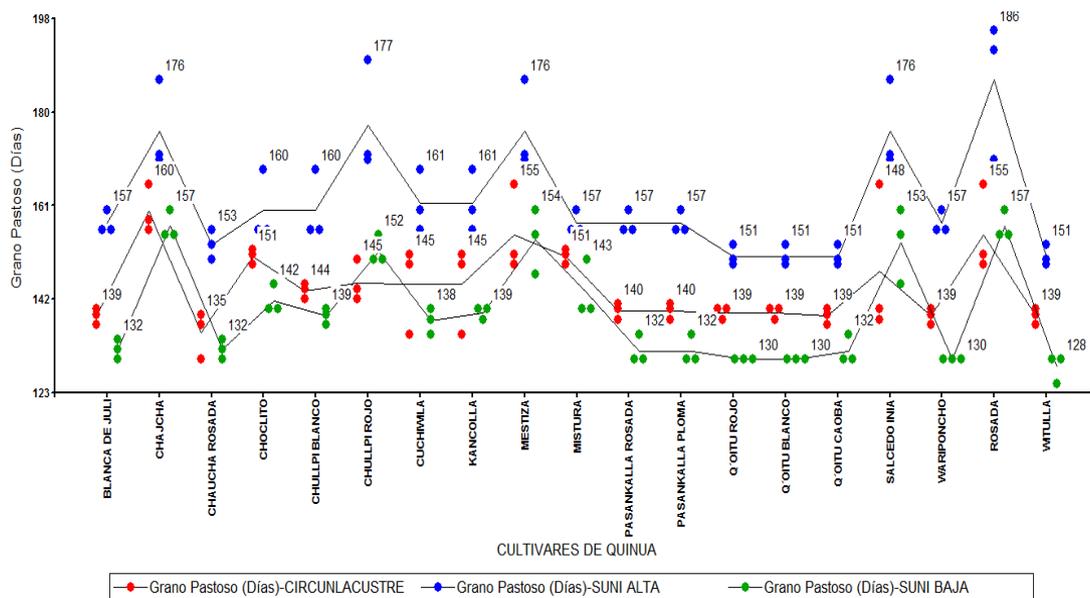


Figura 22: Interacción de 3 zonas agroecológicas y 19 cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) para la variable días a la formación de grano pastoso, Puno, 2015.

5.1.7 Días a madurez fisiológica

El ANVA resultante para días a la madurez fisiológica en la Tabla 14, se muestra diferencias altamente significativas para todos los factores de estudio. Los resultados de la prueba Tukey para la madurez fisiológica, en la Figura 23 presenta 4 grupos de medias similares, entonces las cultivares de mayor precocidad serían Witulla, Q'oitu rojo, Q'oitu caoba, Q'oitu blanco y Chaucha Rosada con medias alcanzadas a 153 días a la madurez fisiológica.

Los cultivares como Blanca de Juli, Pasankalla ploma, Pasankalla Rosada, Wariponcho, Mistura, Choclito, Chullpi blanco, Cuchiwila y Kancolla formarían el grupo de semi precoces con promedios de 161.78 a 164.44 días a la madurez fisiológica y las tardías serían las cultivares Chullpi rojo, Chajcha, Salcedo INIA, Rosada y Mestiza formarían el grupo de tardías con medias de 191.11 a 196.11 días a la madurez fisiológica, cabe destacar el cultivares Chullpi rojo es diferente a los demás cultivares con una media de 191.11 días a la madurez fisiológica, que puede a ser tomado en cuenta para futuros estudios.

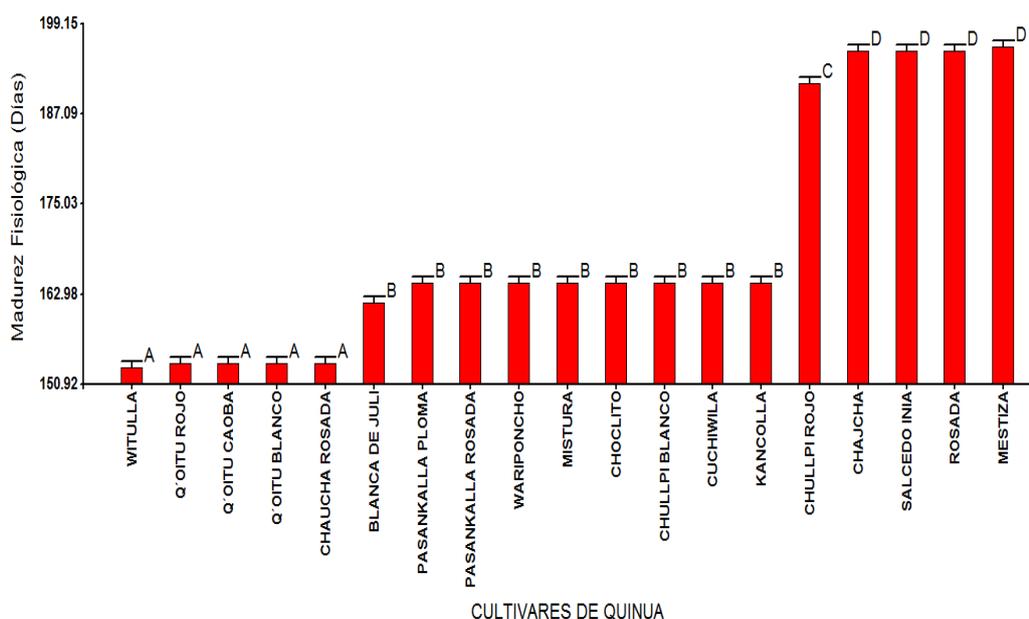


Figura 23: Comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0.05$) para días a la madurez fisiológica de 19 cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Puno, 2015.

Para zonas agroecológicas, se observaron diferencias significativas en la Tabla 14, indicando que en la zona Suni baja, esta fase ocurrió a los 155.81 días, en la zona Circunlacustre a los 163.74, y en la zona Suni alta a los 188.72 días en promedio, divergiendo en 32.91 días entre estas zonas, ver Figura 24. Una vez más, el comportamiento fenológico puede atribuirse probablemente a factores como las altas precipitaciones, para el caso de zona Suni baja (Camacani,) en donde para esta época se presentó un rango de 94.6 mm de precipitación (pp) y existe la escasez de pp para el caso de la zona Circunlacustre (67.3 mm). Sin embargo, puede influir la humedad proveniente del lago Titicaca, y la zona Suni alta (Illpa) registró 82.1mm de precipitación (ver Anexo 12). Estos factores climáticos pudieron incidir directamente en el llenado de grano, ya que según: Mujica (1988) la quinua en este periodo presenta susceptibilidad al déficit de humedad y a las altas temperaturas, mostrando en casos severos una disminución del 20% en el rendimiento de grano. Finalmente coincidimos con Mujica (1988), en su trabajo determinó que duración de cada etapa fenológica no determina la precocidad, sino el número de días a la madurez fisiológica.

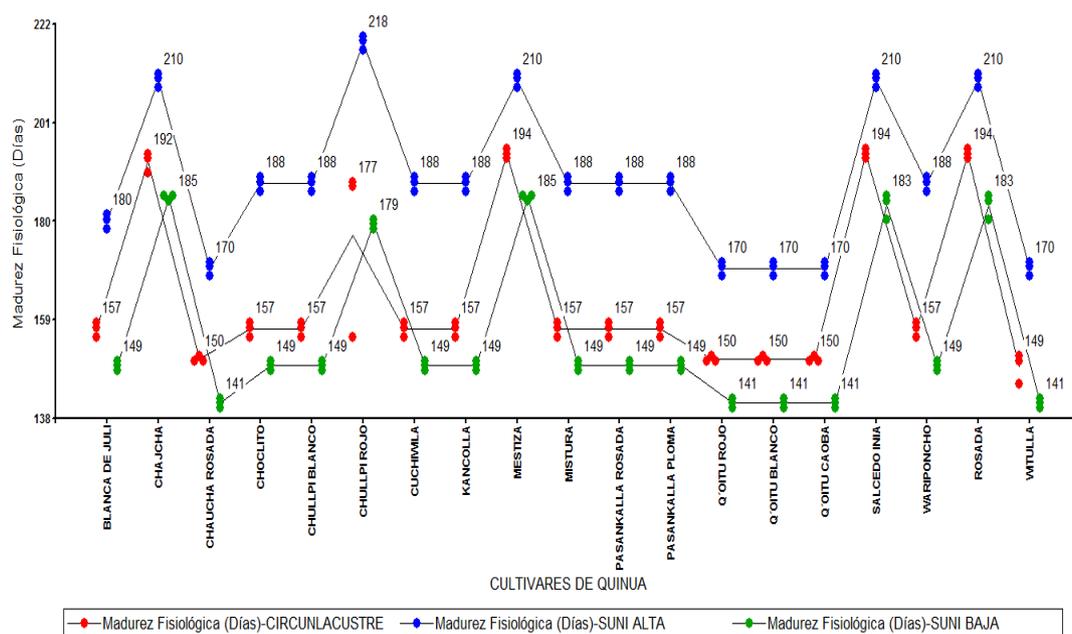


Figura 24: Interacción de 3 zonas agroecológicas y 19 cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) para la variable días a la madurez fisiológica, Puno, 2015.

5.1.8 Altura de la planta en su madurez Fisiológica

Realizado el ANVA para la medición de altura de los cultivares de quinua, mostró un coeficiente de variabilidad de 13.04%, con diferencias estadísticamente significativas para las cultivares de quinua, zonas agroecológicas e interacción cultivares de quinua * zonas agroecológicas, como se observa en la Tabla 15.

Tabla 15: Análisis de varianza para altura de planta (m), a la madurez fisiológica de 19 cultivares de quinua en tres zonas agroecológicas de Puno.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Zona agroecológica	2	5.21	2.6	269.61	<0.0001
Zona agroecológica>bloques..	6	0.12	0.02	2.16	0.0527
Cultivares de quinua	18	0.37	0.02	2.11	0.0098
Zona agroecológica*cultiva..	36	0.8	0.02	2.31	0.0005
Error	108	1.04	0.01		
Total	170	7.54			
C.V.	13.04%				
R ²	0.86				

Leyenda - FV: Fuente de Variación, gl: grados de libertad, SC: Suma de Cuadrados Medios, CM: Cuadrados medios, CV: Coeficiente de Variación, R²: Coeficiente de determinación
FUENTE: Elaboración propia.

Realizado la prueba Tukey para el parámetro altura de plantas, en la Figura 25, muestra tres grupos homogéneos, donde los cultivares que alcanzaron una mayor altura fueron: Cuchiwila (0.85m) Choclitto (0.82m), Salcedo INIA (0.81m) y los de menor tamaño resultaron los cultivares nativos: Kancolla (0.71m), Q'oitu blanco (0.70m) y Chullpi blanco con 0.64m de altura a la madurez fisiológica.

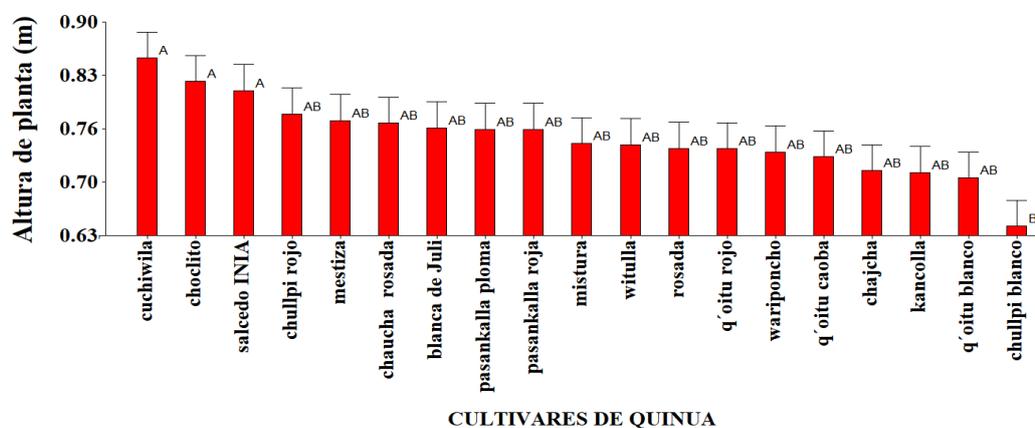


Figura 25: Comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0.05$) para altura de planta de 19 cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Puno, 2015. Valores con la misma letra no son notablemente diferentes al 5% de probabilidad.

5.2 DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DE GRANO DE 19 CULTIVARES DE QUINUA EN TRES ZONAS AGROECOLÓGICAS

5.2.1 Rendimiento de grano

Realizado el análisis de varianza para la variable rendimiento de grano muestra un C.V. de 35.56% (Tabla 16). Este resultado posiblemente se debió a que algunas cultivares de quinua fueron afectados severamente por factores climáticos en alguna de las zonas agroecológicas. Las fuentes de variabilidad tienen una expresión significativa para las zonas agroecológicas y cultivares de quinua, indicando que estos factores no son independientes (Anexo 20, figura 46). En cambio, para zonas agroecológicas y bloques no hay significancia lo cual indica que los bloques se distribuyeron uniformemente.

Tabla 16: Análisis de varianza para rendimiento de grano (kg/ha) de 19 cultivares de quinua en tres zonas agroecológicas de Puno.

F.V.	SC	g.l.	CM	F	p-valor
Zona agroecológica	156080094	2	78040047	162.39	<0.0001
Zona agroecol>bloque	4837186.53	6	806197.8	1.68	0.1334
Cultivares de quinua	32865612	18	1825867	3.8	<0.0001
Zona agroecol.*cult..	51549514.2	36	1431931	2.98	<0.0001
Error	51902313.8	108	480577		
Total	297234720	170			
CV	35.56				
R ²	0.83				

Leyenda - FV: Fuente de Variación, gl: grados de libertad, SC: Suma de Cuadrados Medios, CM: Cuadrados medios, CV: Coeficiente de Variación, R²: Coeficiente de determinación
FUENTE: Elaboración propia (2016).

Para conocer que cultivares tuvieron los mejores rendimientos en las diferentes zonas agroecológicas se realizó la comparación múltiple de Tukey, donde en la Tabla 17, se observa que:

La zona agroecológica Circunlacustre presentó mayores rendimientos con un promedio general de 3158.4 kg/ha, y los cultivares mostraron 3 grupos con medias similares, resaltándose a los cultivares con mayores rendimientos de grano

a: Blanca de Juli con 4931 kg/ha, Kancolla con 4652.78 kg/ha. Mientras los cultivares que obtuvieron menores rendimientos fueron: Q'oitu blanco con 1944.44 kg/ ha, Q'oitu caoba con 2277.78 kg/ ha, y Witulla con 2291 kg/ ha.

En la zona agroecológica Suni baja, el rendimiento general fue de 1867.90 kg/ha diferenciándose en más de 1290 kg/ha respecto a la zona Circunlacustre, luego los cultivares presentaron 5 grupos Tukey, donde los cultivares con mayores rendimientos fueron: Choclito con 2777.67 kg/ha, Wariponcho con 2682.33 kg/ha y Blanca de Juli con 2619 kg/ ha. En cambio, los cultivares que tuvieron rendimientos menores en esta zona fueron: Chullpi rojo con 508 kg/ ha, Chullpi blanco con 1317.33 kg/ ha, y Mestiza con 1349.33 kg/ ha.

Para la zona agroecológica Suni alta el rendimiento general fue de 822.3 kg/ha, realizado la prueba de Tukey se observa que, los cultivares que tuvieron mayores rendimientos de grano son: Q'oitu rojo con 2192 kg/ ha, Q'oitu blanco con 2113.67 kg/ha y Witulla con 2100.67 kg/ha y los de bajos rendimientos fueron: Rosada con 16.33 kg/ha, Chullpi rojo con 22.67 kg/ha, Pasankalla ploma con 52.33 kg/ha, Pasankalla Rosada con 83.33 kg/ ha.

Es muy importante analizar que las cultivares como: Wariponcho, Witulla, Q'oitu rojo, Q'oitu blanco, Q'oitu caoba y Chaucha rosada, se ha comportado casi consistente en todas las zonas (Figura 26). Además, estos resultados indican que la influencia del lago Titicaca como termorregulador para los cultivos influyó directamente en el rendimiento del grano de la quinua respecto a las zonas agroecológicas.

Tabla 17: Orden de méritos de las cultivares para rendimiento de grano (kg/ha) dentro de cada zona agroecológica.

Cultivares de quinua	Zona Circunlacustre			Zona Sumi baja			Zona Sumi alta		
	Media	Tukey	Cultivares de quinua	Media	Tukey	Cultivares de quinua	Media	Tukey	Cultivares de quinua
Blanca de Juli	4931	a	Choclito	2778	a	Q'oitu rojo	2192	a	
Kancolla	4653	ab	Wariponcho	2682	a	Q'oitu blanco	2114	a	
Wariponcho	4306	ab	Blanca de Juli	2619	a	Witulla	2101	ab	
Choclito	3611	ab	Kancolla	2524	a	Chaucha rosada	1822	ab	
Chullpi rojo	3556	abc	Salcedo INIA	2127	a	Wariponcho	1627	ab	
Chaucha rosada	3417	abc	Witulla	2079	a	Mistura	1265	ab	
Q'oitu rojo	3257	abc	Pasankalla roja	2048	a	Q'oitu caoba	1073	abc	
Cuchiwila	3194	abc	Mistura	2032	a	Salcedo INIA	642	abc	
Rosada	3125	abc	Pasankalla ploma	1841	a	Choclito	602	abc	
Pasankalla roja	3014	abc	Q'oitu rojo	1841	a	Cuchiwila	580	abcd	
Pasankalla ploma	2986	abc	Q'oitu caoba	1762	a	Chullpi blanco	407	abcd	
Chajcha	2917	abc	Rosada	1762	a	Kancolla	313	abcde	
Salcedo INIA	2792	abc	Chaucha rosada	1746	a	Blanca de Juli	260	abcde	
Mestiza	2708	abc	Cuchiwila	1667	a	Chajcha	232	abcde	
Mistura	2639	abc	Q'oitu blanco	1444	a	Mestiza	220	bcde	
Chullpi blanco	2389	abc	Chajcha	1365	a	Pasankalla roja	83	cde	
Witulla	2292	abc	Mestiza	1349	a	Pasankalla ploma	52	de	
Q'oitu caoba	2278	bc	Chullpi blanco	1317	a	Chullpi rojo	23	de	
Q'oitu blanco	1944	c	Chullpi rojo	508	a	Rosada	16	e	
PROMEDIO	3158.4			1867.9			882.3		

FUENTE: Elaboración propia (2016).

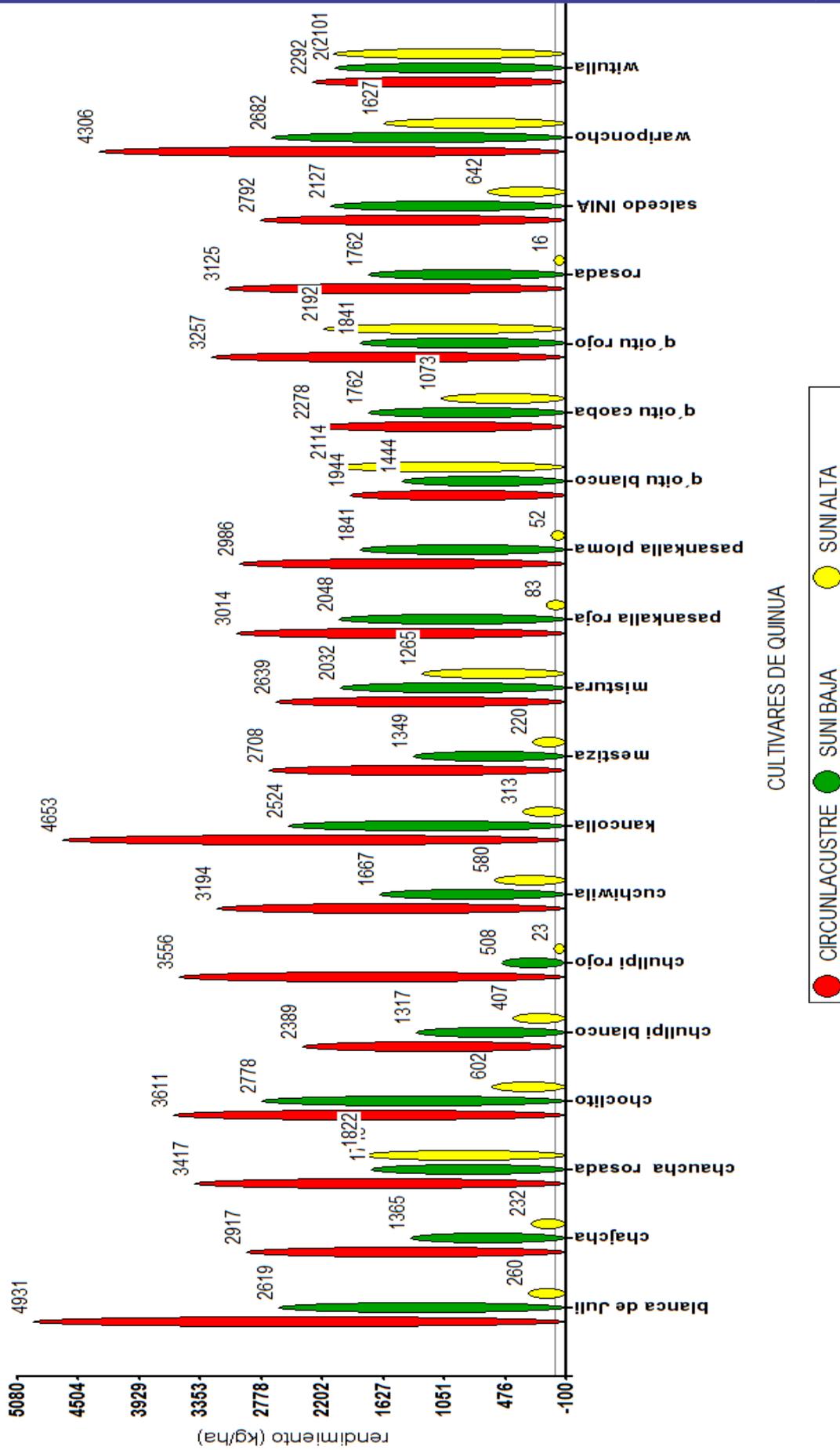
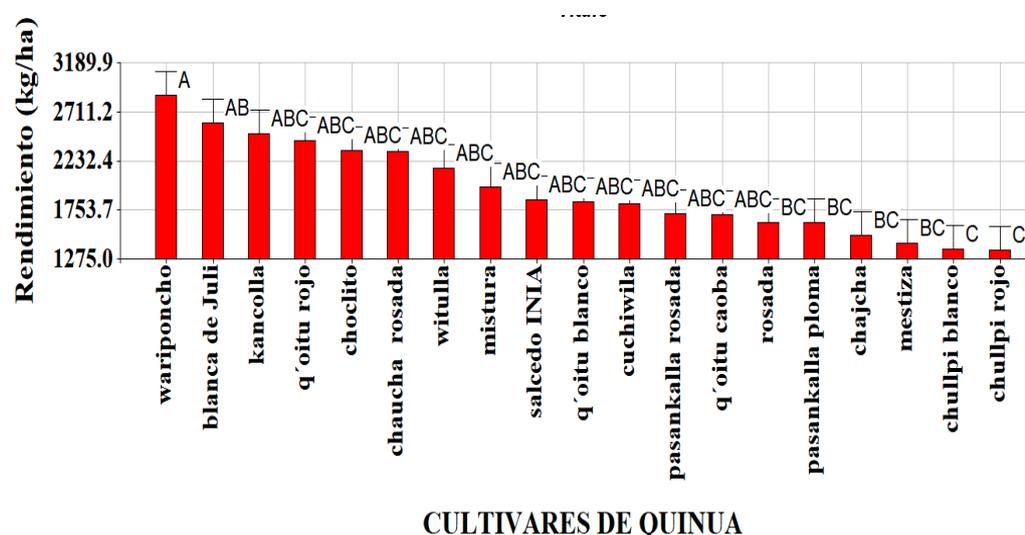


Figura 26: Interacción de 3 zonas agroecológicas y 19 cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) para la variable rendimiento de grano, Puno, 2015. Fuente: Elaboración propia (2015).

También fue conveniente realizar una comparación múltiple de medias de los cultivares con mejores rendimientos a nivel de las 3 zonas agroecológicas (Figura 27), donde se observó 4 grupos claramente diferenciados, destacándose como el de mejor rendimiento el cultivar Wariponcho con 2871.74 kg/ha, Blanca de Juli 2603.30 con kg/ha, Kancolla con 2496.37 kg/ha, Q'oitu rojo con 2430.09 kg/ha y los 5 últimos en rendimiento de grano fueron: el cultivar Chullpi rojo con 1362.07 kg/ha, Chullpi blanco 1370.96 kg/ha, Mestiza 1426.00 kg/ha, Chajcha 1504.67 kg/ha y Pasankalla ploma 1626.48 kg/ha.



CULTIVARES DE QUINUA

Figura 27: Comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0.05$) para la variable rendimiento de grano en kg/ha de 19 cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Puno, 2015.
Fuente: Elaboración propia (2015).

Es importante resaltar que, estos resultados muestran las fortalezas que tuvieron cada una de los cultivares durante todo el ciclo del cultivo para producir el máximo rendimiento de grano, como: la adaptabilidad al tipo de condiciones meteorológicas, resistencia al ataque de plagas, resistencia al daño de enfermedades o particularidades de la quinua como: precocidad a la maduración, contenido de saponina, desarrollo de mecanismo de defensa ante las adversidades climáticas, etc.

5.2.2 Diámetro de grano

El ANVA para el análisis de diámetro de grano en la Tabla 18 mostró un C.V. de 2.31, el rango de variación del diámetro se observa que existen diferencias entre zonas agroecológicas y cultivares de quinua a un nivel de significancia $\alpha=0.05$. Para investigar cuál de las cultivares son diferentes entre sí, se aplicó la prueba de Tukey, resultando 10 grupos homogéneos que son iguales estadísticamente como se observa en la Figura 28, destacando el cultivar Pasankalla rosada con media de 2.23 mm de diámetro, considerado el grano es más grande, seguido por Pasankalla ploma con 2.13mm. Y los cultivares que obtuvieron menores diámetros fueron: Q’oitu rojo con media de 1.78mm y Kancolla con 1.81mm de diámetro, encontrándose una variación de las cultivares de quinua desde 1.69 mm a 2.34 mm en las tres zonas agroecológicas (Anexo 9).

Tabla 18: Análisis de varianza para diámetro de grano (mm) de 19 cultivares de quinua, en tres zonas agroecológicas del departamento de Puno.

F.V.	SC	Gl	CM	F	valor
Zona agroecológica	1.55	2	0.78	82.45	<0.0001
Zona agroecológica>bloques..	0.06	6	0.01	4.75	0.0002
Cultivares de quinua	2.13	18	0.12	59.69	<0.0001
Zona agroecológica*cult..	0.15	36	4.20E-03	2.13	0.0015
Error	0.21	108	2.00E-03		
Total	4.11	170			
C.V.	2.31	R ²	0.95		

FUENTE: Elaboración propia (2016).

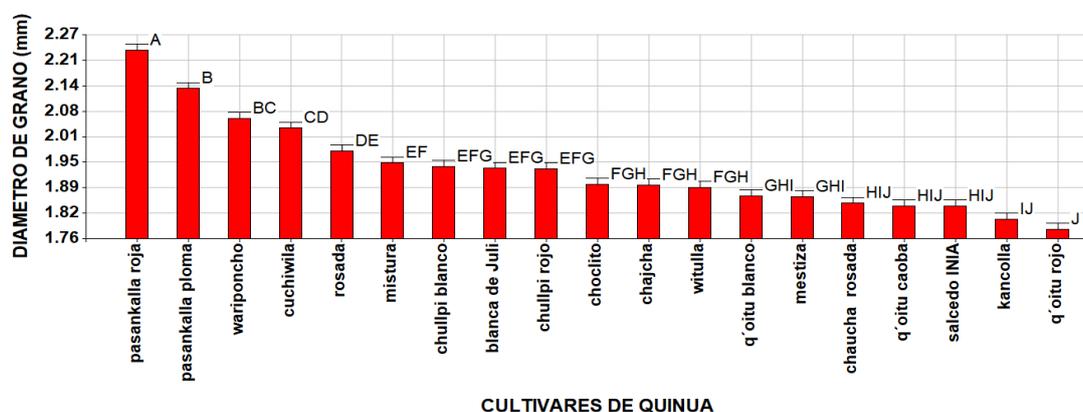


Figura 28: Comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0.05$) para la variable diámetro de grano en mm de 19 cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Puno, 2015.

5.2.3 Peso Hectolítrico

Para esta variable solo se analizaron los pesos hectolítricos de las cultivares de la zona Circunlacustre, puesto que las otras zonas agroecológicas algunas cultivares no llegaron a cubrir la probeta como unidad constante de volumen para el análisis del peso hectolítrico. En la Figura 29 podemos observar los resultados de peso hectolítrico de las 19 cultivares de quinua donde: el cultivar Chullpi blanco fue el más superior con 182.7 gramos/hl, seguido de Chullpi rojo 177.7 gramos/hl, Q’oitu blanco 174.7 gramos/hl. Y los cultivares con inferiores resultados fueron: Rosada con 154.7 gramos/hl, Choclitito y Mistura con 160.3 gramos/hl, Blanca de Juli con 157.7 gramos/hl, habiendo una diferencia de 28 gramos/hl, entre el primer y el último cultivar (Anexo 11).

Es muy importante destacar que esta variable se realizó sobre muestras libres de impurezas y granos rotos (Anexo 18 -B), entonces destacamos a los cultivares de las Chullpis que fueron superiores a los demás cultivares (posiblemente exista menores granos chupados o arrugados), que a su vez pueden depender de la estructura biológica y composición química del mismo.

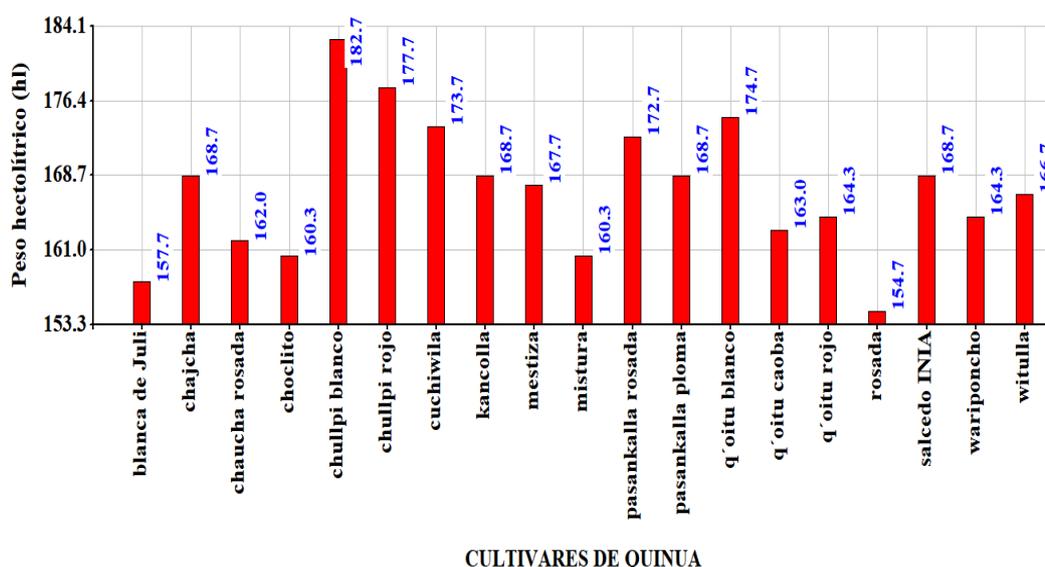


Figura 29: Análisis del Peso hectolítrico de 19 cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la zona Circunlacustre de Puno, 2015.

**ANÁLISIS DE LA RESPUESTA DE LAS CULTIVARES DE QUINUA
A FACTORES PRINCIPALES: BIÓTICOS (PLAGAS, ENFERMEDADES,
AVES), Y ABIÓTICOS (HELADAS, GRANIZADAS, SEQUIAS)**

5.2.4 Presencia de plagas (aves)

En la presente investigación se registró el daño económico de las aves plaga a los cultivares de quinua en la etapa fenológica de grano pastoso hasta la madurez fisiológica (Figura 45).

Realizado el análisis de varianza como se muestra en la Tabla 19 para porcentaje de daños de aves a las diferentes cultivares de quinua se encontró diferencias altamente significativas para zonas agroecológicas y cultivares de quinua.

Tabla 19: Análisis de varianza para porcentaje de daño de aves a 19 cultivares de quinua en tres zonas agroecológicas.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Zona agroecológica	2	3.64	1.82	555.5	<0.0001
Zona agroecológica>bloques..	6	0.02	0.003	0.39	0.8813
Cultivares de quinua	18	1.31	0.07	8.74	<0.0001
Zona agroecológica*Cultivares de..	36	2.21	0.06	7.38	<0.0001
Error	108	0.9	0.01		
Total	170	8.06			
C.V.		35.93%			
R ²		0.89			

Leyenda - FV: Fuente de Variación, gl: grados de libertad, SC: Suma de Cuadrados Medios, CM: Cuadrados medios, CV: Coeficiente de Variación, R²: Coeficiente de determinación
FUENTE: Elaboración propia (2016).

En la Tabla 20 contiene los resultados de la comparación múltiple de Tukey para porcentaje de daño de las aves a los cultivares, observándose que los valores promedio presentan un rango amplio, por lo que en la zona Circunlacustre presentan 6 grupos estadísticamente homogéneos, 2 grupos con medias similares en la zona Suni alta y baja.

Tabla 20: Comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0.05$) para porcentaje de daño por aves graníferas a 19 cultivares de quinua en tres zonas agroecológicas.

ZONA CIRCUNLACUSTRE			ZONA SUNI BAJA			ZONA SUNI ALTA		
CULTIVARES DE QUINUA	MEDIA	TUKEY	CULTIVARES DE QUINUA	MEDIA	TUKEY	CULTIVARES DE QUINUA	MEDIA	TUKEY
Witulla	0.77	a	Chajcha	0.44	a	Witulla	0.46	a
Chaucha rosada	0.75	a	Blanca de Juli	0.38	a	Choclitó	0.29	a b
Pasankalla ploma	0.72	a b	Pasankalla rosada	0.32	a b	Wariponcho	0.22	b
Q'oitu caoba	0.63	a b c	Pasankalla ploma	0.26	a b	Rosada	0.2	b
Mistura	0.59	a b c d	Salcedo INIA	0.24	a b	Pasankalla rosada	0.1	b
Pasankalla rosada	0.58	a b c d	Q'oitu blanco	0.1	b	Pasankalla rosada	0.1	b
Q'oitu blanco	0.57	a b c d	Q'oitu caoba	0.1	b	Q'oitu blanco	0.1	b
Blanca de Juli	0.56	a b c d e	Wariponcho	0.1	b	Q'oitu caoba	0.1	b
Choclitó	0.54	a b c d e	Rosada	0.1	b	Q'oitu rojo	0.1	b
Cuchiwiila	0.5	a b c d e	Q'oitu rojo	0.1	b	Mistura	0.1	b
Salcedo INIA	0.49	a b c d e	Chullpi rojo	0.1	b	Chullpi rojo	0.1	b
Mestiza	0.43	a b c d e f	Chullpi blanco	0.1	b	Chullpi blanco	0.1	b
Wariponcho	0.39	b c d e f	Choclitó	0.1	b	Salcedo INIA	0.1	b
Q'oitu rojo	0.3	c d e f	Chaucha rosada	0.1	b	Mestiza	0.1	b
Kancolla	0.26	d e f	Mistura	0.1	b	Kancolla	0.1	b
Rosada	0.22	e f	Mestiza	0.1	b	Cuchiwiila	0.1	b
Chajcha	0.22	e f	Cuchiwiila	0.1	b	Blanca de Juli	0.1	b
Chullpi blanco	0.1	f	Kancolla	0.1	b	Chajcha	0.1	b
Chullpi rojo	0.1	f	Witulla	0.1	b	Chaucha rosada	0.1	b
C.V.	24.28			47.8			54.01	

Leyenda: Media = Datos transformados $\arcsen = \sqrt{x/100}$, C.V. = Coeficiente de variabilidad

FUENTE: Elaboración propia (2016).

En zona agroecológica Circunlacustre los cultivares más afectadas por aves fueron Witulla al 48% de daño y Chaucha rosada con 47% (Anexo 14), mientras que los cultivares Chullpis se comportaron como resistentes al ataque de aves con 01% de daño. Estos resultados posiblemente se dieron a la precocidad de maduración o al contenido de saponina del cultivar.

En la zona agroecológica Suni baja solo se pueden observar 2 grupos similares (Tabla 20) de las cuales las más resaltantes como susceptibles al daño de aves fueron, los cultivares Chajcha con 18% y Blanca de Juli con 15% de daño por aves y el resto de cultivares se comportaron similares (Anexo 14). A esto podemos mencionar que a estos resultados pudo influir la ausencia de grupos homogéneos de producción y la frecuencia del retorno de aves.

En la zona agroecológica Suni alta los cultivares que fueron atacadas por aves son Witulla con 20%, Choclito con 10% y Wariponcho con 7% de daño (Anexo 14). En esta zona no se registró mayores daños por aves, excepto a los mencionados en baja incidencia, en esta zona se constató la ausencia de aves con potencial de daño como la *Patagioenas maculosa*.

En la presente investigación encontramos que en la zona agroecológica Circunlacustre todas las aves plaga, descritas en la Figura 30 causan daño al cultivo, con mayor frecuencia la *Patagioenas maculosa* (Paloma manchada) que es más dañina para el cultivo (Figura 30A). En la zona Suni baja *Zenaida auriculata* (Paloma rabiblanca) que se encuentra en mayores cantidades (Figura 30B). En cambio, en la zona agroecológica Suni alta solo se pudo constatar la presencia de pequeñas aves en grandes manadas como *Sicalis* sp. (Pecho naranja) *Phrygilus plebejus* (Frigilo plomito) (Figuras 30C y 30D).

Esto indica que posiblemente en la zona Circunlacustre el rendimiento de grano de las cultivares precoces y que contengan baja cantidad de saponina haya disminuido, debido al daño provocado por las aves (palomas) de manera directa al grano, estas aves también hicieron daño a las panojas con mayor altura ya que es de su preferencia para su consumo. Como ejemplo, el cultivar Witulla se mostró susceptible al ataque de aves porque es precoz a la maduración y tiene bajo contenido de saponina.



Figura 30: Aves plaga que dañan con más frecuencia al cultivo de quinua en 3 zonas agroecológicas
FUENTE: Delgado (2012).

5.2.5 Presencia de enfermedades

El análisis de varianza en la Tabla 21, para la resistencia al mildiu (*Peronospora variabilis* Gäum.¹) mostró diferencias altamente significativas al 5% de probabilidad ($Pr < 0.05$) para las fuentes de variación de zonas agroecológicas, cultivares de quinua y la interacción zonas agroecológicas*cultivares de quinua con un C.V. de 16.11% y R^2 0.75.

Tabla 21: Análisis de varianza para 19 cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) afectados con mildiu (*Peronospora variabilis* Gäum.). En tres zonas agroecológicas de la región Puno, 2014.

F.V.	Gl	SC	CM	F	p-valor
zona agroecológica	2	0.09	0.05	3.34	0.1061
zona agroecológica>bloques..	6	0.08	0.01	1.62	0.1488
cultivares de quinua	18	1.98	0.11	12.66	<0.0001
zona agroecológica*cultiv..	36	0.73	0.02	2.32	0.0004
Error	108	0.94	0.01		
Total	170	3.83			
CV	16.11				
R^2	0.75				

Leyenda - FV: Fuente de Variación, gl: grados de libertad, SC: Suma de Cuadrados Medios, CM: Cuadrados medios, CV: Coeficiente de Variación, R^2 : Coeficiente de determinación.

FUENTE: Elaboración propia (2016).

Comparando las medias de la severidad del mildiu en las cultivares de quinua, mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) en la Figura 31, se observó diferencias significativas para el Área Bajo la Curva de Progreso de *Peronospora variabilis* (ABCPPV) que presenta 07 grupos con medias similares, donde el cultivar Mistura fue la más susceptible (ABCPPV = 52%) y las cultivares Chaucha Rosada, Chullpi rojo, Q'oitu blanco, Rosada, Q'oitu caoba, Mestiza, Chullpi blanco, Choclito, Cuchiwila, Kancolla, Witulla, Salcedo INIA, Q'oitu rojo, Pasankalla rosada, Pasankalla ploma y Blanca de Juli fueron tolerantes (ABCPPV

¹ Anteriormente denominado como *Peronospora farinosa* f.sp. *chenopodii* (Fr.) Fr., trabajos del 2008 y 2010 de Choi et al. Han reclasificado la especie mediante técnicas moleculares utilizando las regiones intergénicas del ADNr.

= 48 a 21%) ver (Anexo 13, 20 y Figura 42). Mientras las cultivares; Wariponcho, y Chajcha, se comportaron como resistentes (ABCPPV = 17 – 20%). Concluyendo que no son resistentes o susceptibles al mildiu los cultivares precoces o tardías, lo que se discrepa con Danielsen y Ames (2000) que indican que las variedades precoces son susceptibles a la enfermedad del mildiu.

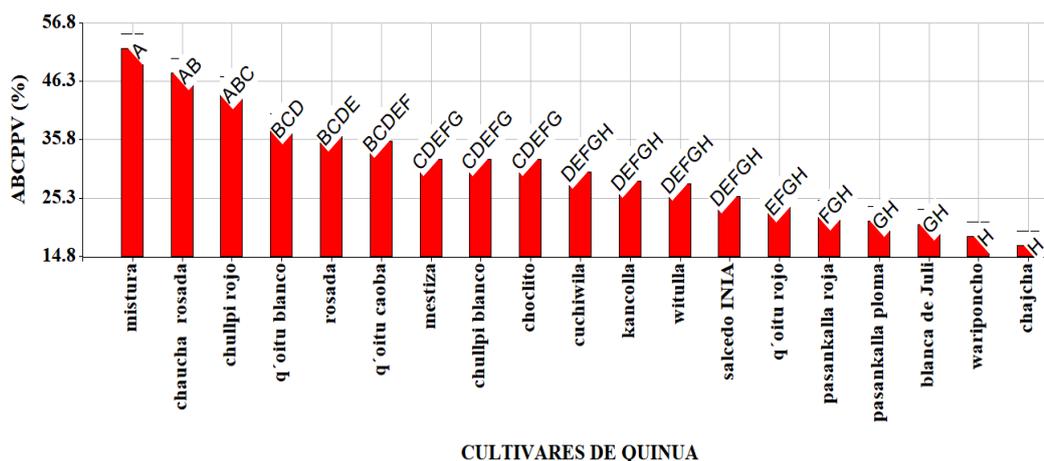


Figura 31: Porcentaje del ABCPPV en 19 cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Valores con la misma letra no son diferentes al 5% de probabilidad.

Respecto a la comparación de medias en zonas agroecológicas (Figura 32), no mostró diferencias significativas al 5% de probabilidad entre las tres zonas agroecológicas, debido a que el mildiu se presentó en las tres zonas agroecológicas con ligera superioridad en la zona Suni alta, esto pudo ser debido a los constantes factores climáticos adversos, como la granizada, veranillos y heladas que se presentaron con más frecuencia en dicha zona.

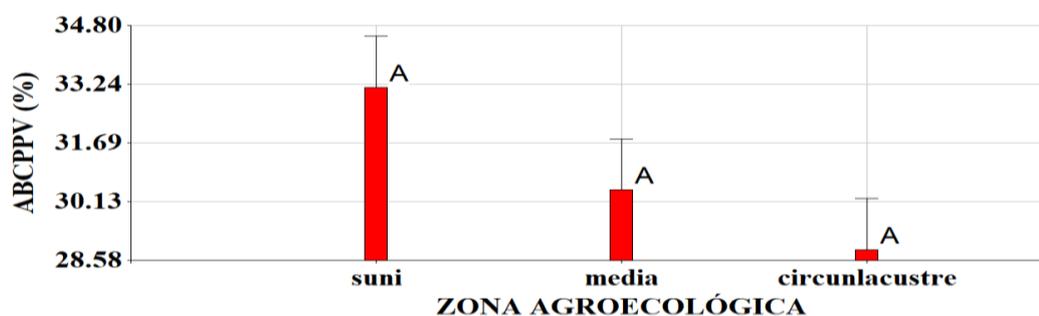


Figura 32: Porcentaje del ABCPPV para mildiu (*Peronospora variabilis* Gäum.) en tres zonas agroecológicas del departamento de Puno.

5.2.6 Resistencia a heladas.

El análisis de varianza para la tolerancia a las heladas en la Tabla 22, presenta un coeficiente de variabilidad confiable de 6.41% y para todas las fuentes de variación muestra una expresión estadística altamente significativa al 1% de probabilidad, de los cuales, se analizó los efectos simples de la interacción zonas agroecológicas*cultivares de quinua.

Tabla 22: Análisis de varianza de 19 cultivares de quinua para susceptibilidad a heladas en tres zonas agroecológicas.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Zona agroecológica	2	16.78	8.39	6374.48	<0.0001
Zona agroecológica>bloques..	6	0.01	0.0013	3.10	0.0077
Cultivares de quinua	18	0.72	0.04	93.08	<0.0001
Cultivares de quinua*zona ..	36	1.43	0.04	93.08	<0.0001
Error	108	0.05	0.0004		
Total	170	18.99			
C.V.	6.41%				
R ²	1.0				

Leyenda - FV: Fuente de Variación, gl: grados de libertad, SC: Suma de Cuadrados Medios, CM: Cuadrados medios, CV: Coeficiente de Variación, R²: Coeficiente de determinación
 FUENTE: Elaboración propia (2016).

El análisis de significación Tukey (Figura 33) para susceptibilidad a las heladas en tres zonas agroecológicas, se observó que el daño por heladas solo fue notorio en la zona agroecológica Suni alta (Anexo 20, Figura 43), mientras que en las demás zonas agroecológicas mostró no significativo, debido a la ausencia de heladas en la zona.

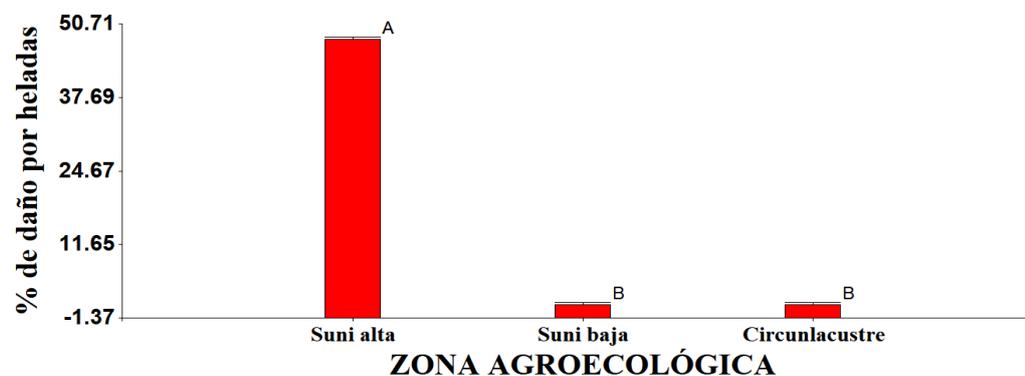


Figura 33: Comparación múltiple de Tukey para la variable daño por heladas a los cultivares de quinua en las tres zonas agroecológicas de Puno.

En la Figura 34, muestra la comparación múltiple para el daño por heladas en la zona agroecológica Suni alta, observándose 5 grupos Tukey; dónde las cultivares Pasankalla rosada, con 83.9% (Anexo 13) y Pasankalla ploma con 74.4% de daño por heladas, se mostraron como susceptibilidad muy alta a heladas, según a la escala de valoración por Bioversity Internacional (Tabla 8). Mientras las cultivares Kancolla, Cuchiwiila, Mestiza, Mistura y Rosada con 68.3%, 67.2%, 65.6%, 65.5%, 64.4% de daño por heladas se notaron con susceptibilidad alta. En cambio, las cultivares como Chullpi Rojo, Chaucha Rosada, Choclitto, Salcedo INIA, Blanca de Juli y Chullpi blanco con 46.1%, 45.6%, 45%, 41.7%, 40% y 39.4% de daño por heladas se catalogó como una susceptibilidad intermedia. Finalmente las cultivares como Q´oitu rojo, Q´oitu blanco, Wariponcho, Witulla, Q´oitu caoba y Chajcha con daños por heladas de 30%, 27.2%, 27.2%, 27.2%, 26.7%, y 25% de afectación con heladas se mostraron como con susceptibilidad baja.

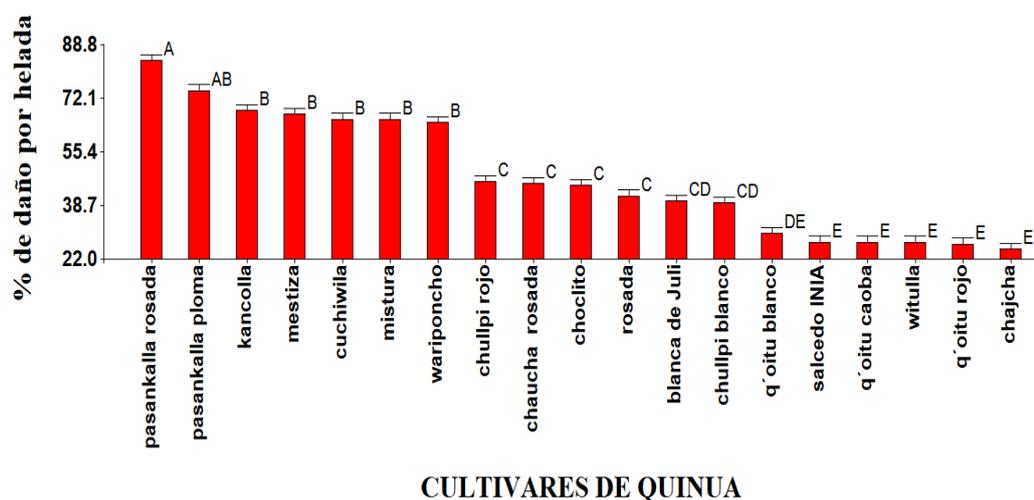


Figura 34: Comparación múltiple de Tukey para el porcentaje de daño por heladas de 19 cultivares de quinua en la zona agroecológica Suni baja de Puno, 2015.

En la Figura 35 se analiza la temperatura de la zona Suni alta, donde se observa que en esta zona existe pocos días de periodo libre de heladas (70 días),

entonces el día 35, las temperaturas bajas descendieron por debajo de -2°C , resultando la necrosis de los órganos de la planta como hojas, panoja y flores, que se encontraban en diferentes estadios reproductivos (panojamiento, floración, grano acuoso, grano lechoso), como se muestra en las Figuras 36A y 36B, dificultando la maduración y cosecha uniforme, la mortalidad de órganos productivos fue muy alta, oscilando entre el 25 y 83.9% según cultivares (Anexo 13), lo que corrobora que hay quinuas muy susceptibles o tolerantes a heladas en sus diferentes fases fenológicas.

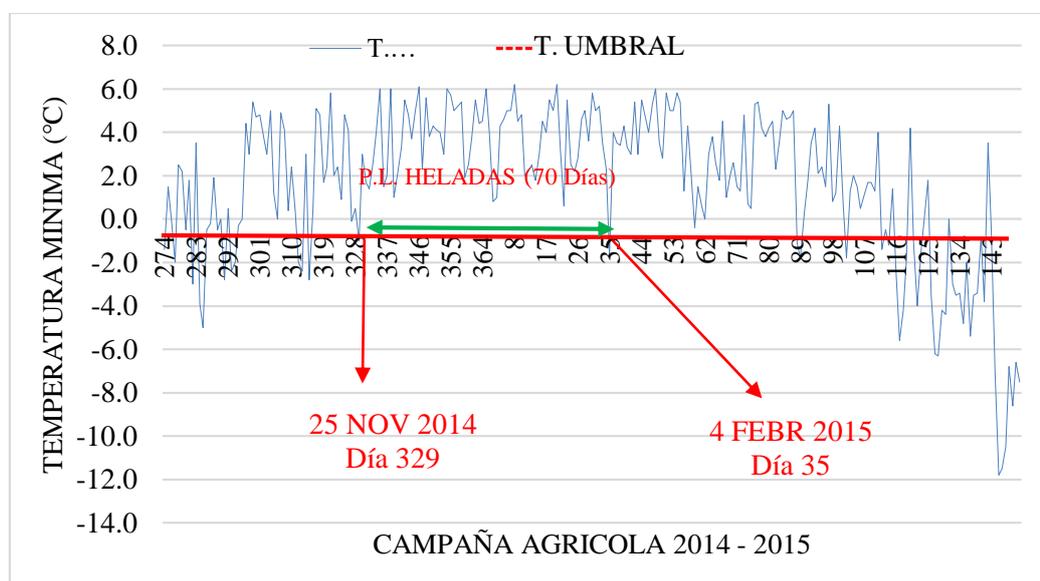


Figura 35: Determinación de la primera, última, y periodo libre de heladas. Temperatura umbral= 0°C , estación Illpa



Figura 36: Cultivar Mistura y Pasankalla rosada afectado por bajas temperaturas (helada)

En la Figura 37, Se muestran los datos de las temperaturas mínimas de la zona Circunlacustre, donde se puede observar el periodo libre de heladas es de 181 días, el inicio del día libre de heladas es el 29 de setiembre (día juliano 276) y el ultimo día libre de heladas termina el 29 de marzo (día juliano 88), tiempo suficiente para el desarrollo de su maduración del cultivo, en todo este ciclo no se pudo registrar temperaturas mínimas de $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ que puedan hacer daños significativos a las plantas, de tal manera que la producción por consecuencias de bajas temperaturas en esta zona no se vio afectada.

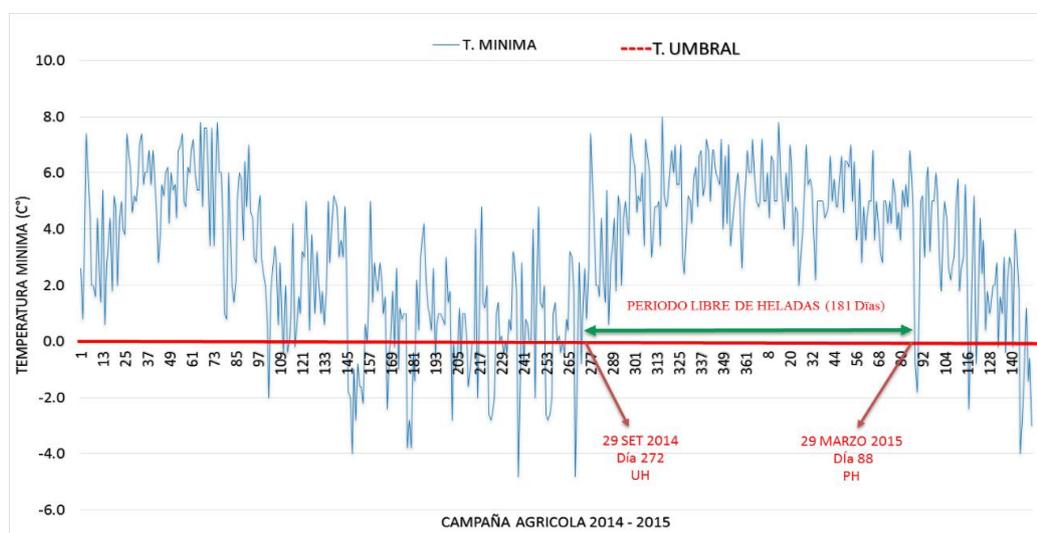


Figura 37: Determinación de la primera, última, y periodo libre de heladas. Temperatura umbral= 0°C , estación Juli.

En la zona agroecológica Suni baja, el comportamiento de las temperaturas mínimas fue similar a la zona agroecológica Circunlacustre, como se observa en la Figura 38, donde las cultivares de quinua completaron su ciclo productivo con normalidad a excepción de las cultivares tardías, que pudieron ser alcanzados por las primeras heladas (31 de marzo), pero estas fechas la mayoría de los cultivares ya están en la fase fenológica de grano pastoso, haciéndose resistentes a las bajas temperaturas y según la escala de susceptibilidad no hay daños notables.

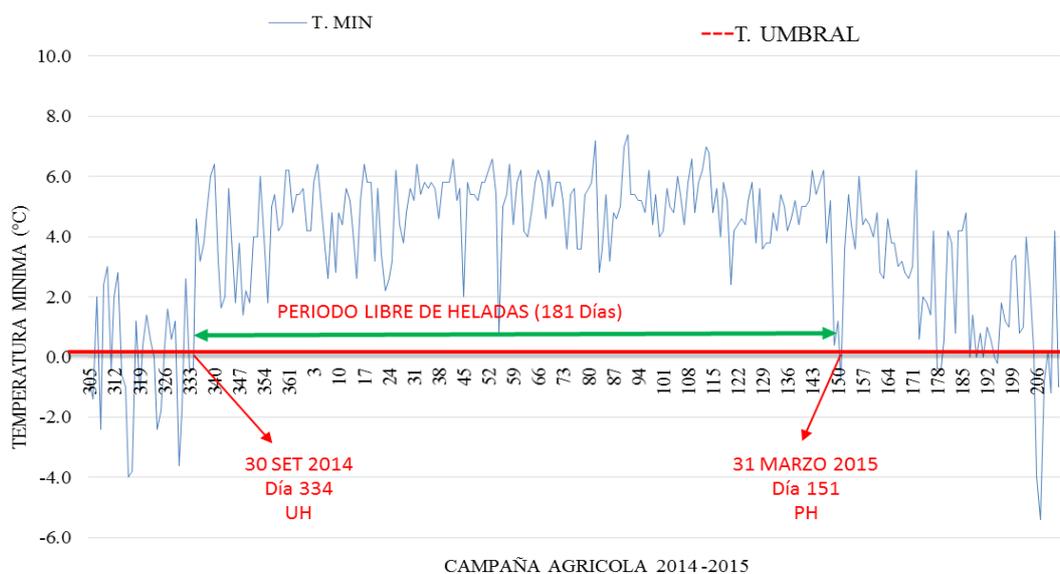


Figura 38: Determinación de la primera, última, y periodo libre de heladas. Temperatura umbral=0°C, estación Acora.

En el presente trabajo se coincide con trabajos de: Jacobsen *et. al.* (2005) que indican que las heladas son más dañinas para la producción de quinua cuando ocurren al inicio de la floración o al inicio del llenado de granos, es decir cuando las hojas y las yemas presentan la mayor susceptibilidad fisiológica al frío y que las plantas alcanzan su mayor crecimiento.

5.2.7 Resistencia a granizadas

Las lesiones por granizo fueron evaluadas en dos momentos, la primera inmediatamente después de la caída de granizo, la segunda evaluación a una semana después de la caída del granizo mediante las lesiones en el tallo y hojas conocidos como secuelas del granizo (Anexo 20, Figura 44).

Realizado el análisis de varianza para la susceptibilidad al granizo de los cultivares de quinua (Tabla 23), presenta un coeficiente de variabilidad de 23.17% y R^2 de 87%. Los análisis de probabilidad realizados indicaron que las susceptibilidades al granizo en al menos en un cultivar y zona fueron diferentes

Tabla 23: Análisis de varianza de 19 cultivares de quinua para susceptibilidad a granizo en tres zonas agroecológicas.

FV.	g.l.	SC	CM	F	P-valor
Zona agroecológica	2	13.35	6.67	299.92	<0.0001
Zona agroecológica>bloques..	6	0.13	0.02	0.95	0.4601
Cultivares de quinua	18	1.78	0.1	4.24	<0.0001
Zona agroecológica*cultivares..	36	1.55	0.04	1.85	0.0082
Error	108	2.52	0.02		
Total	170	19.33			
C.V.	23.17				
R ²	0.87				

Leyenda - FV: Fuente de Variación, gl: grados de libertad, SC: Suma de Cuadrados Medios, CM: Cuadrados medios, CV: Coeficiente de Variación, R²: Coeficiente de determinación
FUENTE: Elaboración propia (2016).

En el análisis de comparación múltiple Tukey en la Tabla 24, mostró diferencias significativas al 5% de probabilidad, denotándose 4 grupos de igual significancia estadística.

Tabla 24: Orden de mérito para 19 cultivares quinua afectados por granizo en tres zonas agroecológicas del departamento de Puno, durante la campaña agrícola 2014 – 2015.

Nº	CULTIVARES DE QUINUA	MEDIAS	TUKEY
1	Rosada	0.83	a
2	Pasankalla Ploma	0.82	a b
3	Pasankalla Roja	0.81	a b
4	Chajcha	0.75	a b c
5	Chullpi Rojo	0.74	a b c
6	Mestiza	0.71	a b c d
7	Cuchiwila	0.7	a b c d
8	Mistura	0.69	a b c d
9	Choclito	0.66	a b c d
10	Chaucha Rosada	0.66	a b c d
11	Q'oitú Caoba	0.61	a b c d
12	Blanca De Juli	0.61	a b c d
13	Kancolla	0.61	a b c d
14	Chullpi Blanco	0.6	a b c d
15	Wariponcho	0.59	a b c d
16	Q'oitú Rojo	0.58	a b c d
17	Q'oitú Blanco	0.57	b c d
18	Witulla	0.49	c d
19	Salcedo INIA	0.46	d

Leyenda: Media = Datos transformados $\arcsen = \sqrt{x/100}$. Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

FUENTE: Elaboración propia.

Según orden de méritos descritos en la Tabla 24, las cultivares nativas de quinua dieron resultados evaluados con valores comprendidos de 22.7% a 55% de daños visibles a consecuencia de granizadas (Anexo 16), donde las cultivares nativas con susceptibilidad alta al daño por granizadas según escala de valoración (Tabla 8) se observó en: Rosada (53.8%), Pasankalla ploma (54.2%) (Figura 39A) y Pasankalla rosada (55%), en cambio las cultivares que resultaron con valoración de susceptibilidad baja fue: Salcedo INIA (22%) y Witulla (24.6%) (Figura 39B), mientras que el resto de cultivares nativas se encontraron en la escala de susceptibilidad intermedia con valores comprendidos de 33% a 48.2% de afectación por heladas (Anexo 16). Estos resultados coinciden con Bonifacio et al. (2013) donde mencionan que el daño por granizo es muy severo en cultivares susceptibles al mildiu y menor en las parcialmente resistentes, debido a que el golpe de granizo muestra efectos devastadores sobre las lesiones provocadas por el mildiu, así como los cultivares Salcedo INIA variedad mejorada resistente al mildiu y el cultivar nativa Witulla que se comportó como resistente al mildiu, resultaron resistentes al daño por granizadas.

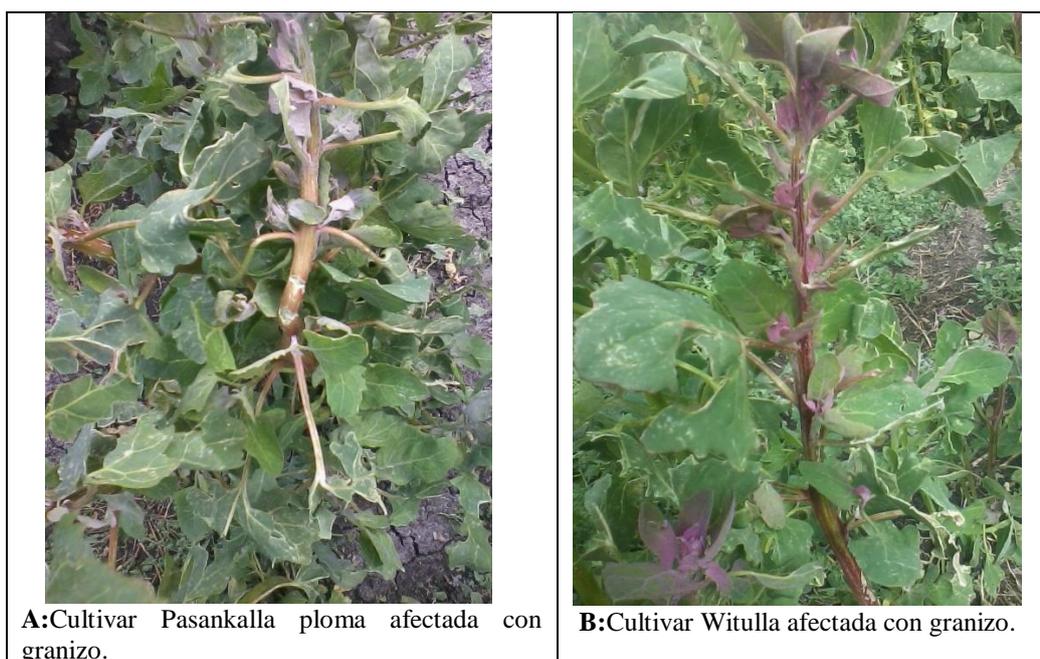


Figura 39: Diferencias del Cultivar Pasankalla ploma y el cultivar Witulla afectadas con granizo.

CONCLUSIONES

1. Se determinó que el comportamiento fenológico de los cultivares nativos de quinua, se diferenciaron en cada zona agroecológica a causa de: factores ambientales, fecha de siembra, y componente genético de la planta. Entre cultivares nativos presentaron variabilidad fenológica principalmente en las etapas de: emergencia de plántulas, floración y madurez fisiológica que definieron su periodo vegetativo del cultivar como; precoces resultaron Witulla, Q'oitu rojo, Q'oitu caoba, Q'oitu blanco y Chaucha Rosada con medias de 153 días a la madurez fisiológica, en el grupo de semi precoces resultaron Blanca de Juli, Pasankalla ploma, Pasankalla Rosada, Wariponcho, Mistura, Choclito, Chullpi blanco, Cuchiwila y Kancolla con medias de 161.78 a 164.44 días a la madurez fisiológica y las tardías resultaron Chullpi rojo, Chajcha, Salcedo INIA, Rosada y Mestiza, con medias de 191.11 a 196.11 días a la madurez fisiológica.
2. El rendimiento de grano de las cultivares nativos fue diferente en cada zona agroecológica, donde el cultivar Wariponcho con un rendimiento general de 2682 kg/ha se comportó como la más estable entre las tres zonas agroecológicas, pero los mejores rendimientos se obtuvieron en la zona Circunlacustre con un promedio general de 3613.60 kg/ha, donde resaltaron las cultivares nativas Blanca de Juli (4931 kg/ha) y Kancolla (4652.78 kg/ha), en la zona Suni baja el rendimiento promedio fue 1868.00 kg/ha, y las cultivares con mejores rendimientos fueron Choclito (2777.67 kg/ha) y Wariponcho (2682 kg/ha). Finalmente, la zona Suni alta tuvo un rendimiento de 822.33 kg/ha, predominando las cultivares nativas Qoitu rojo (2192 kg/ha) y Witulla con 2100.67 kg/ha.
3. Se analizó que los daños por aves graníferas presenta diferencias en las zonas agroecológicas y está relacionado a la cantidad de saponina y la precocidad del

cultivar nativo, como en la en la zona Circulacustre se registraron cuatro especies dañinas (*Patagioenas maculosa*, *Zenaida auriculata*, *Sicalis* sp, *Phrygilus plebejus*) que causan daños hasta 48% como en el cultivar precoz Witulla y 01% de daño en cultivares con alto contenido de saponinas como las cultivares chullpis. En la zona Suni media se registraron solamente tres especies de aves (*Zenaida auriculata*, *Sicalis* sp., *Phrygilus plebejus*) que causan daños hasta un 18% como en el cultivar Chajcha. Y en la zona Suni alta se presenciaron daños notables por aves pequeñas agrupadas en grandes cantidades (*Sicalis* sp., *Phrygilus plebejus*) y alcanzaron daños hasta un 20% como en el cultivar Witulla.

4. La enfermedad principal que afectó en las tres zonas agroecológicas fue mildiu, que se presentó con más severidad en la zona Suni alta. Respecto a los cultivares el más susceptible fue Mistura (ABCPP = 52%), y las resistentes fueron los cultivares Wariponcho y Chajcha (ABCPP = 17% -20%).
5. En cuanto a evaluación de resistencia a heladas, se presenciaron daños solamente en la zona agroecológica Suni alta, donde los daños a consecuencia de este factor climático alcanzaron daños de hasta 83.9% como es el caso del cultivar Pasankalla rosada, sin embargo resultaron como resistentes a heladas los cultivares nativos como; Q'oitu rojo, Q'oitu blanco, Wariponcho, Witulla, Q'oitu caoba y Chajcha con daños por heladas de 30%, 27.2%, 27.2%, 27.2%, 26.7%, y 25% a un descenso de temperatura de -2°C.
6. Referente a la resistencia de los cultivares nativos al daño por granizadas, se determinó que son susceptibles al daño por granizadas, los cultivares con hojas anchas como Pasankalla ploma (53.8%) y Pasankalla rosada (54.2%), y los cultivares resistentes a granizadas resultaron Witulla con 22% y Salcedo INIA con 24.6% de afectación por granizadas.

RECOMENDACIONES

1. Analizar los mecanismos de adaptación de la quinua a factores abióticos adversos, como caracterizar la anatomía foliar, el tipo y distribución de estomas de estos cultivares nativos, para definir su adaptación morfológica y fisiológica a factores abióticos adversos.
2. Realizar estudios citológicos y genéticos de los cultivares nativos de quinua, que se mostraron diferentes y significativos en la presente investigación.
3. Se debe iniciar trabajos de investigación en producción de semilla de quinua orgánica de estos cultivares nativos de quinua, así permitir el uso de este material en la producción de quinua orgánica frente a factores ambientales adversos.
4. Realizar una zonificación agrícola en base a mapas fenológicos.

BIBLIOGRAFÍA

- Bioversity International, FAO, Fundación PROINPA, INIAF, & FIDA. (2013).
 Descriptores para quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres.
- Bonifacio, A., Alcon, M., Vargas, A. (2013). Evaluación de la severidad del mildiu y
 daño del granizo en líneas de quinua. En M. Vargas (Ed), Congreso Científico de
 la Quinua (Memorias) (pp. 227-235). La Paz, Bolivia: Editorial GrafikaLeal.
- Brack, A. (1989). Ecología, recursos naturales y desarrollo en la Sierra del Perú. Ecología,
 agricultura y autonomía campesina en los Andes. Feldafing Alemania: DSE/INP.
- Brewbaker, J. (1967). Genética agrícola. Mexico: UTEHA.
- Canahua, A. (2012). Los tipos de quinuas en el altiplano de Puno. Puno, Perú: proyecto
 Sipam, FAO, .
- Canahua, A., Tapia, M., Ichuta, A., & Cutipa, Z. (2002). Gestión del Espacio agrícola
 (aynoca) y agrobiodiversidad en papa (*Solanum spp*) y Quinua (*Chenopodium
 quinoa* Willd.) en las comunidades de Puno. En M. Pulgar-Vidal, E. Zegarra, &
 J. Urrutia (Edits.), SEPIA IX Perú: el problema agrario en debate (Primera ed.,
 págs. 286-316). Puno, Perú: SEPIA.
- Cardenas, M. (1944). Descripción preliminar de las variedades de *Chenopodium quinoa*
 de Bolivia. Revista de Agricultura Cochabamba, 2(2), 13 - 26.
- Chavarria, G., and dos Santos, H.P. 2012. Plant water relations: absorption, transport and
 control mechanisms: INTECH Open Access Publisher. pp.106-132.
- Choi, y., Denchev, C., Shin, H. (2008). Morphological and molecular analyses support
 existence of host-specific *Peronospora* species infecting *Chenopodium*.
 Mycopathology (165), 155-164.
- Danielsen, S., y Ames, T. (2000). El Mildiu de la Quinua en la Zona Andina. Centro
 Internacional de la Papa.

- Delgado, P. (2012). Aves plaga del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y alternativas de control. LIMA: INIA - CONCYTEC. Recuperado el 15 de noviembre del 2014 de <https://docplayer.es/22844505-Aves-plaga-del-cultivo-de-quinua-chenopodium-quinoa-willd-y-alternativas-de-control.html>.
- Diccionario de la Real Academia Española. (2016). Recuperado el 20 de abril de 2016, de www.rae.es
- Drucker, A.G.; Pascual, U.; Narloch, U.; Midler, E.; Soto, J.L.; Pinto, M.; Valdivia, E.; Rojas, W. (2014) Los pagos voluntarios para la conservación de la diversidad de la quinua: explorando el papel de los pagos por servicios ambientales en los Andes, chapter 1.7. In: In: Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. (Bazile, D. et al. (eds.)). FAO p. 124-136 ISBN: 978-92-5-308558-3
- Espindola, G. (1992). Etapas fenológicas de la quinua altiplánica. informe anual IBTA, La Paz Bolivia.
- Espíndola, G. (1986). Respuestas fisiológicas, morfológicas y agronómicas de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) al déficit hídrico. Tesis M.Sc., Colegio de Postgraduados. Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Chapingo México.
- FAO. (2011). La Quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Roma.
- FAO. (2014). Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. Montpellier, Francia: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD.
- FAO, & SENAMHI. (2010). Atlas de Heladas del Perú (Vol. II). Lima, Perú.
- Flores, F. (1977). Estudio preliminar de la fenología de quinua, Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Técnica del Altiplano, Puno – Perú.. Puno.

- Gandarillas, H. (1967). Observaciones sobre la Biología Reproductiva de la Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). La Paz-Bolivia. Saya. Sociedad de Ingenieros Agrónomos de Bolivia.
- Gandarillas, H. (1968). Razas de Quinua. Bolivia: Ministerio de Agricultura.
- Gandarillas, H., Nieto, C., & Castillo, R. (1989). Razas de Quinua en Ecuador. Ecuador: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias Ecuador.
- Gonzales, R. (1917). Investigación de *Chenopodium quinoa* Willd. (Vol. boletín de la sociedad geográfica de La Paz.). La Paz.
- Gruere, GP, G., A, S., & M. (2009). Marketing underutilized plant species for the benefit of the poor: a conceptual framework. In Kontoleon A, U Pascual y M Smale (Agrobiodiversity Conservation and Economic Development ed.). Routledge, Abingdon, Reino Unido.
- Holdridge, L. (1967). Life zone ecology. San José de Costa Rica: Tropical Science Center.
- Hunziker, A. (1943). Las especies alimenticias de *Amarantus* y *Chenopodium* cultivadas por los indios de América. Revista Argentina de Agronomía, 279 - 354.
- Ichuta, F., & Artiaga, E. (1986). Relación de géneros en la producción y en la Organización Social en Comunidades de Aphauni, Totoruma, Yauricani - Ilave. Informe para optar el grado de Bachiller en Trabajo Social, UNA - Puno, Puno.
- Jacobsen, S., Monteros, C., Christiansen, J., Bravo, L., Corcuera, L., & Mujica, A. (2005). Frost resistance Mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to frost at various phenological stages. European Journal of Agronomy 22, 131-139.
- Jacobsen, S.-E., Mujica, A., (1999). Resistencia de la quinua a la sequía y otros factores abióticos adversos, y su mejoramiento. In: I Curso Internacional sobre: Fisiología

- de la resistencia a sequía en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Cip. Lima – Perú. pp. 71 – 78.
- Jaramillo, S., & Baena, M. (2000). Conservación Ex Situ de Recursos Filogeneticos. (I. I. (IPGRI), Ed.) Grupo Americas.
- Little T & Hills JF. (1991). Métodos estadísticos para la investigación en agricultura. Trillas, México D.F., México.
- Marca, S., Chaucha, W., Quispe, J. C., & Mamani, V. (2011). Comportamiento actual de los agentes de la cadena. Puno: Dirección Regional Agraria.
- Mujica, A. (1988). Parámetros genéticos e índices de selección en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Colegio de Postgraduados. Chapingo - Mexico: Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas.
- Mujica, A. (2006). Descriptores para la caracterización del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). En R. Estrada, T. Medina, & A. Roldan (Edits.), Manual para caracterización in situ de cultivos nativos (Primera ed., págs. 90-105). Lima, Perú: Proyecto: Conservación in situ de cultivos andinos y sus parientes silvestres.
- Mujica, A., & Canahua, A. (1989). Fenología del Cultivo de Quinua. Resumen del Curso Taller de Cultivos Andinos y Usos de Información Agro Meteorológica PISA INIA. puno, Perú.
- Mujica, A., Ortiz, R., Rossel, R., Canahua, J., Ruíz, A., y Apaza, V. (2004). Diversidad genética de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres. Pp 121-136.
- Mujica, A., Suquilanda, M., Chura, E., Ruiz, E., León, A., Cutipa, S., & Ponce, C. (2013). Producción orgánica de quinua. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- ONERN, (1976). Mapa ecologico del Perú, Guía explicativa. Lima - Perú.

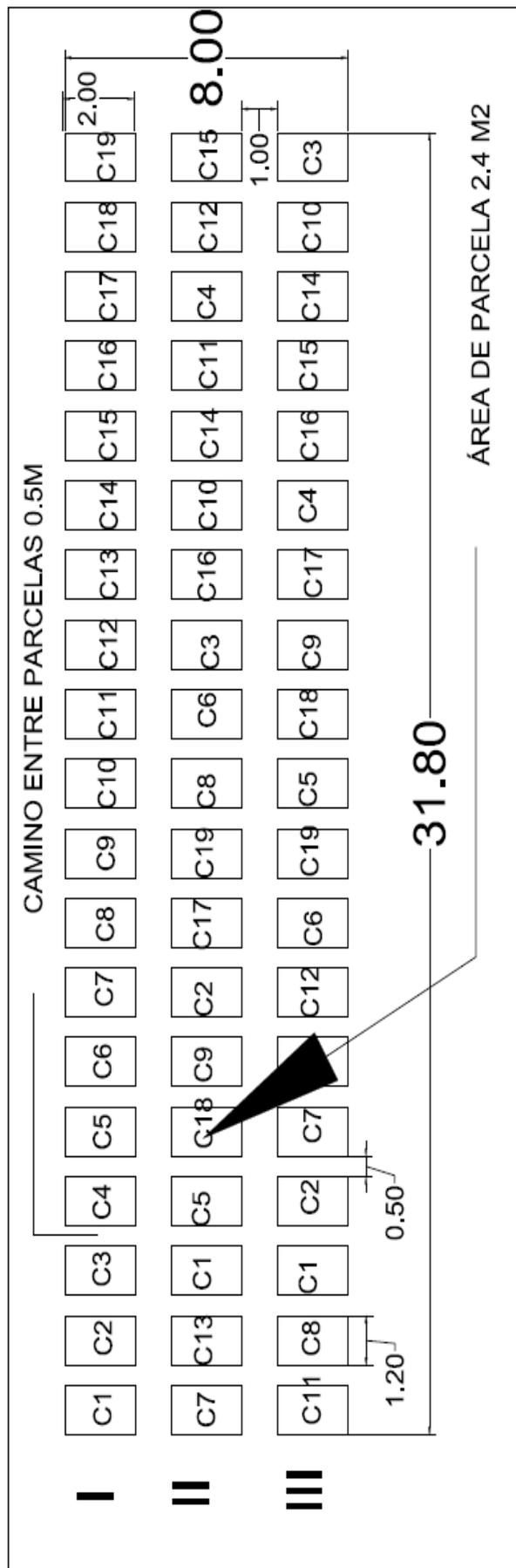
- Parlevliet, J. (1997). Resistencia durable a patógenos y como mejorar por este tipo de resistencia. Quito, Ecuador: Proyecto de Resistencia Duradera en la Zona Andina, PREDUZA.
- Pulgar Vidal, J. (1987). Historia y geografía del Perú. Las ocho regiones naturales del PEISA, Lima Perú.
- Quisocala, A. (2000). Estimacion de Parametros de Estabilidad para Rendimiento en Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Cusco: FAZ, UNSAAC.
- Rea, J (1969). Biología floral de la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Turrialba.
- Rojas, W., Pinto, M., y Mamani, E. (2009). Logros e impactos del Subsistema Granos Altoandinos, periodo 2003 - 2008. Cochabamba: INIAF.
- Rojas, W., Pinto, M., Soto, J., Jagger, M., & Padulosi, S. (2010). Valor nutricional, agroindustrial y funcional de los granos andinos. In: W. Rojas, M. Pinto, JL. Soto, M. Jagger y S. Padulosi (eds). Granos Andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinoa, cañahua y amaranto en Bolivia. Roma - Italia: Bioversity International.
- Rosas, E. (1975) Evaluación de siete variedades de quinoa, Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Técnica del Altiplano, Puno – Perú.
- Sevilla, R. (2006). Definiciones conceptuales básicas. En R. Estrada, T. Medina, & A. Roldán (Edits.), Manual para caracterización in situ de cultivos andinos. (Primera ed., págs. 17-25). INIEA Lima, Perú.
- Simmonds N. W. 1965. The Grain Chenopods of the Tropical American Highlands. En: Economic Botany 19. p. 223-235.
- Solórzano, F. (2013). Ayara, Madre Quinoa. Lima, Perú: Aguilar.

- Tapia, M. (1990). Cultivos Andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial INIAA – FAO. Santiago de Chile, Chile: Oficina para América Latina y El Caribe.
- Tapia, M. (1997). Cultivos Andinos Sub explotados y su Aporte a la Alimentación (Segunda ed.). Chile: Oficina Regional de la FAO para America Latina y el Caribe.
- Tapia, M. E. (2013). Diagnostico de los ecosistemas de montañas en el Perú. Lima: FAO-MINAM.
- Tapia, M., y Fries, A. (2007). Guía de campo de los cultivos andinos. Lima: FAO-ANPE.
- Tapia, M., Canahua, A., & Ignacio, S. (2014). Razas de quinua del Perú. Lima: CONCYTEC. Perú.
- Weberbauer, A. (1945). El mundo vegetal de los Andes peruanos. Lima: Lumen.
- Yacovlevff, E., y Herrera F.L. (1934). El mundo vegetal de los antiguos peruanos. Revista del Museo Nacional (Lima), 243 - 322.
- Yzarra, W., y López, F. (2012). Manual de observaciones fenológicas. Lima: SENAMHI.

ANEXOS

Anexo 1: Distribución de parcelas en cada zona agroecológica.

DISTRIBUCIÓN DE LAS PARCELAS - Z. CIRCUNLACUSTRE



NOTA: Los cultivos 1-19 están distribuidos al azar en cada bloque y diferente en cada zona agroecológica.

Anexo 2: Cálculo de porcentaje de la fase observada en cultivos anuales.

Nº de plantas presentando una fase	% de plantas en una fase	
0	0	
1	2,5	
2	5	
3	7,5	
4	10	INICIO : Una fase fenológica manifiesta su etapa de "Inicio" cuando al sumar las plantas de cada punto de observación se obtiene un valor entre 4 a 19 plantas (10% ≤ inicio < 50%).
5	12,5	
6	15	
7	17,5	
8	20	
9	22,5	
10	25	
11	27,5	
12	30	
13	32,5	
14	35	PLENO : Una fase fenológica manifiesta su etapa de "Plentiud" cuando al sumar las plantas de cada punto de observación se obtiene un valor de 20 a 29 plantas (50% ≤ pleno < 75%).
15	37,5	
16	40	
17	42,5	
18	45	
19	47,5	
20	50	
21	52,5	
22	55	
23	57,5	
24	60	FIN : Una fase fenológica manifiesta su etapa de "Fin" cuando al sumar las plantas de cada punto de observación se obtiene un valor de 30 a 40 plantas (fin ≥ 75%).
25	62,5	
26	65	
27	67,5	
28	70	
29	72,5	
30	75	
31	77,5	
32	80	
33	82,5	
34	85	
35	87,5	
36	90	
37	92,5	
38	95	
39	97,5	
40	100	

FUENTE: SENAMHI, manual de observaciones fenológicas.

Anexo 3: Planilla fenológica mensual para cultivos anuales.

Senamhi

DIRECCIÓN GENERAL DE AGROMETEOROLOGÍA

PLANILLA FENOLÓGICA MENSUAL PARA CULTIVOS ANUALES

ESTACIÓN: CO - JULI
 ALTITUD: 3812 m.s.n.m.
 LATITUD: 6°22'25" S
 LONGITUD: 79°28'10" W
 MES: Octubre

REGION: Puno
 PROVINCIA: Chucuito
 DISTRITO: Juli

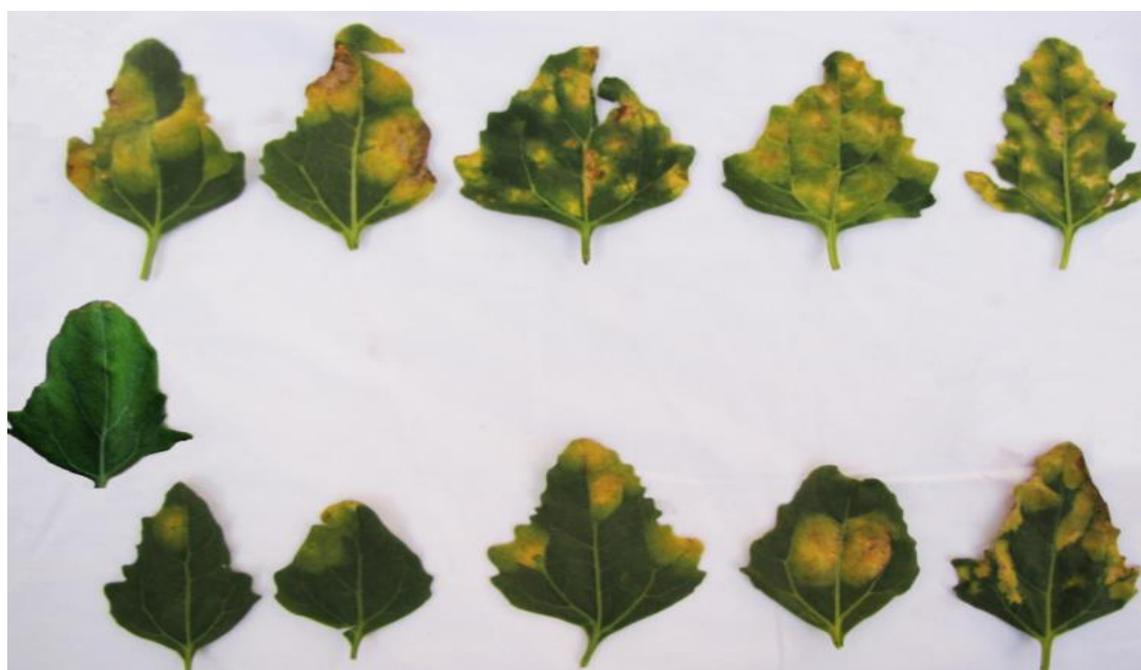
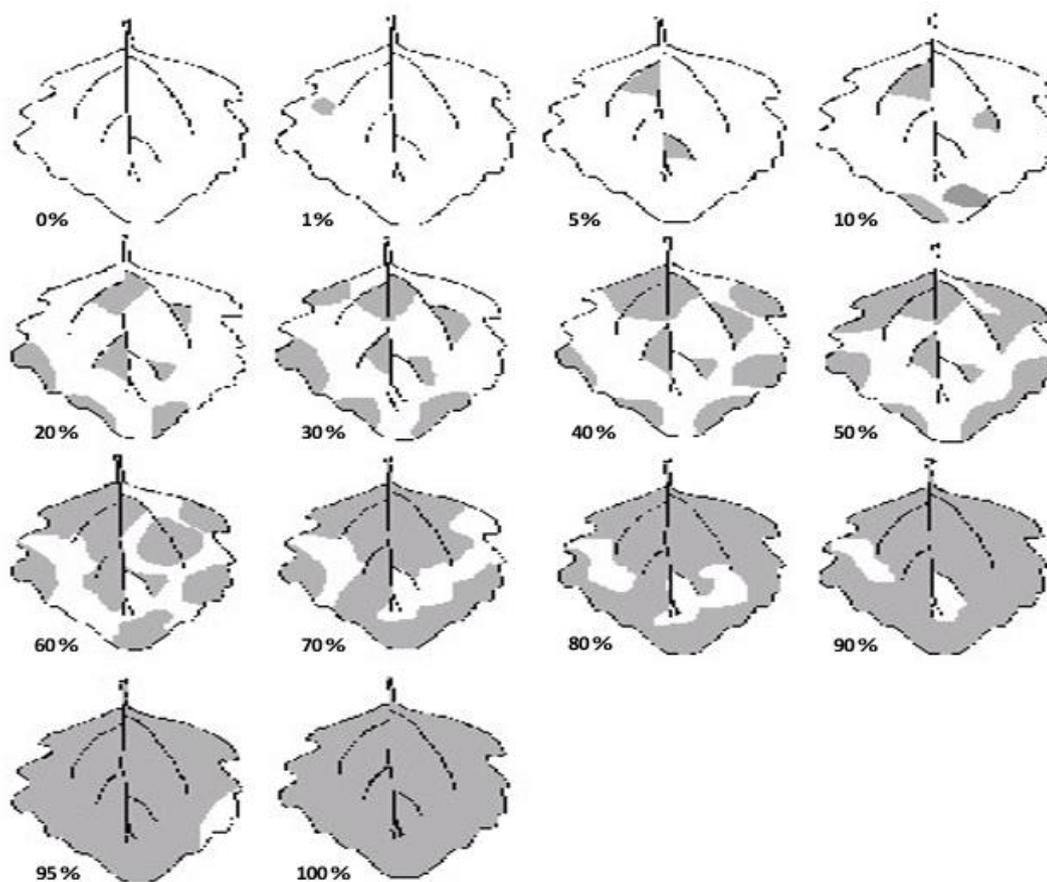
CULTIVO: Quinua
 VARIEDAD:
 DISTANCIA A LA ESTACIÓN: 2 Km
 FECHA DE SIEMBRA: 09/08/2014
 OBSERVADOR: Mario Molina Sagua

AÑO: 2014

FECHA	AVANCE FENOLÓGICO			ESTADO DEL CULTIVO	LABORES CULTURALES		DAÑOS CAUSADOS POR FENOMENOS METEOROLÓGICOS ADVERSOS			DAÑOS CAUSADOS POR PLAGAS Y ENFERMEDADES			RENDIMIENTO DEL CULTIVO
	PUNTOS DE OBSERVACIÓN		TOTAL DE PLANTAS OBS.		LABORES	OBSERVACIONES	FENOMENO METEOROLÓGICO	TIPO DE DAÑO	% DAÑO	PLAGA O ENFERMEDAD	TIPO DE DAÑO	% DAÑO	
	I	II	III										
20/08/2014													
21/08/2014													
22/08/2014													
23/08/2014													
24/08/2014													
25/08/2014													
26/08/2014													
27/08/2014													
28/08/2014													
29/08/2014													
30/08/2014													
31/08/2014													
01/09/2014													
02/09/2014													

FUENTE: SENAMHI, manual de observaciones fenológicas.

Anexo 4: Escala diagramática para el cálculo de porcentaje de área afectada por mildiu en quinua.



FUENTE: Danielsen y Ames (2009)

Anexo 5: Registro de las fases fenológicas en la zona Circumlacustre.

Cultivares de quinua	Emergencia (Días)	Ramificación (Días)	Panojamiento (Días)	Floración (Días)	Grano Lechoso (Días)	Grano Pastoso (Días)	Madurez Fisiológica(Días)	Precocidad
Blanca de Juli	17	42	99	113	128	139	157	Semi-precoz
Chajcha	20	42	99	113	128	160	192	Tardía
Chaucha Rosada	17	46	78	92	108	135	150	Precoz
Chocrito	17	46	78	92	137	151	157	Semi-precoz
Chullpi Blanco	20	46	99	113	128	144	157	Semi-precoz
Chullpi Rojo	20	46	78	92	117	145	177	Tardía
Cuchiwiña	20	42	72	80	123	145	157	Semi-precoz
Kancolla	18	42	78	89	137	145	157	Semi-precoz
Mestiza	20	42	72	80	137	155	194	Tardía
Mistura	18	42	72	80	137	151	157	Semi-precoz
Pasankalla roja	16	42	85	91	117	140	157	Semi-precoz
Pasankalla ploma	16	42	78	84	117	140	157	Semi-precoz
Q'oitú rojo	20	42	78	91	117	139	150	Precoz
Q'oitú blanco	20	46	78	86	110	139	150	Precoz
Q'oitú caoba	20	42	78	91	110	139	150	Precoz
Salcedo INIA	20	42	78	91	117	148	194	Tardía
Wariponcho	17	46	72	79	110	139	157	Semi-precoz
Rosada	19	46	72	79	137	155	194	Tardía
Witulla	19	46	78	91	110	139	149	Precoz
PROMEDIO	18.5	43.5	80.1	90.8	122.4	144.5	163.7	

FUENTE: Elaboración propia.

Anexo 6: Registro de las fases fenológicas en la zona Suni baja.

Cultivares de quinua	Emergencia (Días)	Ramificación (Días)	Panojamiento (Días)	Floración (Días)	Grano Lechoso (Días)	Grano Pastoso (Días)	Madurez Fisiológica(Días)	Precocidad
Blanca de Juli	7	37	93	103	125	132	149	Semi-precoz
Chajcha	8	37	93	103	125	157	185	Tardía
Chaucha Rosada	8	41	72	84	105	132	141	Precoz
Chocrito	8	41	72	84	134	142	149	Semi-precoz
Chullpi Blanco	8	41	93	103	125	139	149	Semi-precoz
Chullpi Rojo	8	41	72	83	114	152	179	Tardía
Cuchiwila	8	37	66	69	120	138	149	Semi-precoz
Kancolla	7	37	72	82	134	139	149	Semi-precoz
Mestiza	8	37	66	70	134	154	185	Tardía
Mistura	8	37	66	72	134	143	149	Semi-precoz
Pasankalla roja	7	37	79	85	114	132	149	Semi-precoz
Pasankalla ploma	7	37	72	78	114	132	149	Semi-precoz
Q'oitú rojo	8	37	72	83	114	130	141	Precoz
Q'oitú blanco	8	41	72	78	107	130	141	Precoz
Q'oitú caoba	8	37	72	83	107	132	141	Precoz
Salcedo INIA	8	37	72	83	114	153	183	Tardía
Wariponcho	7	41	66	75	107	130	149	Semi-precoz
Rosada	7	41	66	75	134	157	183	Tardía
Witulla	8	41	72	82	107	128	141	Precoz
PROMEDIO	7.6	39.0	74.1	83.0	119.4	139.5	155.8	

FUENTE: Elaboración propia.

Anexo 7: Registro de las fases fenológicas en la zona Sumi alta.

Cultivares de quinua	Emergencia (Días)	Ramificación (Días)	Panojamiento (Días)	Floración (Días)	Grano Lechoso (Días)	Grano Pastoso (Días)	Madurez Fisiológica(Días)	Precocidad
Blanca de Juli	19	56	94	129	139	157	180	Semi-precoz
Chajcha	20	57	94	129	158	176	210	Tardía
Chaucha Rosada	20	57	90	112	139	153	170	Precoz
Choclito	19	57	90	128	152	160	188	Semi-precoz
Chullpi Blanco	20	57	95	129	144	160	188	Semi-precoz
Chullpi Rojo	20	54	90	118	145	177	218	Tardía
Cuchiwiña	19	54	86	124	151	161	188	Semi-precoz
Kancolla	19	54	86	138	152	161	188	Semi-precoz
Mestiza	20	53	88	138	151	176	210	Tardía
Mistura	20	57	88	138	152	157	188	Semi-precoz
Pasankalla roja	18	54	98	118	140	157	188	Semi-precoz
Pasankalla ploma	18	56	98	118	140	157	188	Semi-precoz
Q'oitú rojo	20	57	92	118	140	151	170	Precoz
Q'oitú blanco	20	57	92	111	140	151	170	Precoz
Q'oitú caoba	19	54	92	111	139	151	170	Precoz
Salcedo INIA	20	57	86	118	140	176	210	Tardía
Wariponcho	19	56	88	111	140	157	188	Semi-precoz
Rosada	20	54	88	138	152	186	210	Tardía
Witulla	20	54	88	111	140	151	170	Precoz
PROMEDIO	19.4	55.6	90.5	123.1	144.9	161.8	188.7	

FUENTE: Elaboración propia.

Anexo 8: Altura de plantas de los cultivos en las tres zonas agroecológicas durante la campaña 2014-2015

CULTIVARES DE QUINUA	CIRCUNLACUSTRE			SUNI BAJA			SUNI ALTA					
	BI	BII	BIII	PROMEDIO	BI	BII	BIII	PROMEDIO	BI	BII	BIII	PROMEDIO
Blanca de Juli	0.86	0.74	0.79	0.80	0.62	0.52	0.60	0.58	0.91	0.85	0.99	0.92
Chajcha	0.55	0.51	0.53	0.53	0.66	0.56	0.56	0.59	0.99	1.13	0.91	1.01
Chaucha rosada	0.67	0.67	0.55	0.63	0.73	0.54	0.81	0.69	1.03	0.91	1.03	0.99
Choclito	0.74	0.90	0.64	0.76	0.62	0.78	0.58	0.66	1.21	1.13	0.82	1.05
Chullpi blanco	0.47	0.46	0.47	0.47	0.51	0.61	0.60	0.57	1.09	0.76	0.81	0.89
Chullpi rojo	0.76	0.53	0.86	0.72	0.64	0.49	0.54	0.56	1.03	1.17	1.03	1.08
Cuchiwila	0.81	0.62	0.78	0.74	0.69	0.86	0.71	0.76	1.03	1.13	1.04	1.07
Kancolla	0.62	0.54	0.55	0.57	0.66	0.49	0.46	0.54	1.17	0.89	1.01	1.02
Mestiza	0.60	0.64	0.49	0.58	0.65	0.69	0.79	0.71	1.00	1.14	0.98	1.04
Mistura	0.75	0.86	0.58	0.73	0.49	0.52	0.49	0.50	1.17	0.85	0.99	1.00
Pasankalla rosada	0.62	0.60	0.57	0.60	0.55	0.86	0.90	0.77	0.87	0.99	0.92	0.93
Pasankalla ploma	0.66	0.76	0.75	0.72	0.70	0.49	0.42	0.54	0.99	1.06	1.05	1.03
Q'oitú rojo	0.55	0.58	0.54	0.56	0.59	0.61	0.64	0.61	0.91	1.07	0.84	0.94
Q'oitú blanco	0.57	0.62	0.52	0.57	0.65	0.86	0.58	0.70	0.87	0.89	1.01	0.92
Q'oitú caoba	0.60	0.66	0.56	0.61	0.62	0.60	0.57	0.60	1.15	0.96	0.94	1.02
Salcedo INIA	0.56	0.73	0.54	0.61	0.66	0.76	0.75	0.72	1.09	0.76	0.81	0.89
Wariponcho	0.86	0.90	0.62	0.79	0.62	0.54	0.55	0.57	1.12	1.06	1.05	1.08
Rosada	0.58	0.51	0.61	0.57	0.57	0.52	0.49	0.53	1.15	1.16	1.03	1.11
Witulla	0.61	0.50	0.46	0.52	0.55	0.86	0.65	0.69	1.17	0.99	0.92	1.03

FUENTE: Elaboración propia.

Anexo 9: Promedio del diámetro de grano de 19 cultivares en tres zonas agroecológicas.

CULTIVARES DE QUINUA	CIRCUNLACUSTRE			SUNI BAJA			SUNI ALTA			PROMEDIO
	BI	BII	BIII	BI	BII	BIII	BI	BII	BIII	
Blanca de juli	2.01	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.89	1.83	1.83	1.93
Chajcha	2.05	2.05	2.16	1.95	1.83	1.87	1.69	1.65	1.78	1.89
Chaucha rosada	1.96	1.95	2.01	1.93	1.77	1.92	1.63	1.7	1.75	1.85
Chocrito	2.08	1.94	1.95	1.92	1.86	1.92	1.85	1.75	1.78	1.89
Chullpi blanco	2.13	2.11	2.08	2.02	1.87	1.97	1.73	1.71	1.83	1.94
Chullpi rojo	2.05	2.03	2.02	1.99	1.88	1.95	1.8	1.81	1.87	1.93
Cuchiwila	2.14	2.14	2.07	2.03	2.02	2.03	1.99	1.93	1.97	2.04
Kancolla	1.94	1.89	1.84	1.83	1.83	1.83	1.69	1.66	1.75	1.81
Mestiza	1.98	1.98	1.95	1.87	1.85	1.87	1.69	1.78	1.8	1.86
Mistura	2.12	2.1	2.15	1.84	1.95	2.04	1.76	1.78	1.79	1.95
Pasankalla roja	2.36	2.29	2.36	2.27	2.24	2.24	2.03	2.17	2.12	2.23
Pasankalla ploma	2.29	2.23	2.33	2.07	2.18	2.08	2.06	1.98	1.99	2.13
Q'óitu rojo	1.96	1.96	1.99	1.89	1.84	1.86	1.75	1.76	1.78	1.87
Q'óitu blanco	1.97	1.95	1.92	1.89	1.84	1.85	1.78	1.64	1.72	1.84
Q'óitu caoba	1.91	1.83	1.89	1.8	1.75	1.77	1.68	1.71	1.69	1.78
Salcedo INIA	2.1	2.09	2.1	1.96	1.94	1.96	1.85	1.9	1.9	1.98
Wariponcho	1.98	1.9	1.97	1.89	1.8	1.81	1.67	1.75	1.79	1.84
Rosada	2.22	2.17	2.18	2.14	2	2.1	1.77	1.97	1.99	2.06
Witulla	1.98	1.94	1.94	1.93	1.88	1.9	1.86	1.72	1.83	1.89

FUENTE: Elaboración propia.

Anexo 10: Rendimiento de grano promedio en kg/parcela y kg/ha de 19 cultivos de quinua en tres zonas agroecológicas.

CULTIVARES	CIRCUNLACUSTRE			SUNIBAJA			SUNI ALTA		
	RDM. KG/PARCELA	PROM.KG/HA	RDM. KG/PARCELA	PROM.KG/HA	RDM. KG/PARCELA	PROM.KG/HA	RDM. KG/PARCELA	PROM.KG/HA	
Blanca de Juli	1.2	5714.29	0.41	1964.29	0.19	260.42			
Chajcha	0.7	3333.33	0.22	1023.81	0.17	231.89			
Chaucha rosada	0.82	3904.76	0.28	1309.52	1.31	1821.62			
Chocito	0.87	4126.98	0.44	2083.33	0.43	601.97			
Chullpi blanco	0.57	2730.16	0.21	988.1	0.29	406.25			
Chullpi rojo	0.85	4063.49	0.08	380.95	0.02	22.78			
Cuchiwila	0.77	3650.79	0.26	1250	0.42	579.86			
Kancolla	1.12	5317.46	0.4	1892.86	0.23	312.5			
Mestiza	0.65	3095.24	0.21	1011.9	0.16	220.46			
Mistura	0.63	3015.87	0.32	1523.81	0.91	1264.69			
Pasankalla roja	0.72	3444.44	0.32	1535.71	0.06	83.51			
Pasankalla ploma	0.72	3412.7	0.29	1380.95	0.04	52.4			
Q'oitú rojo	0.47	2222.22	0.23	1083.33	1.52	2113.56			
Q'oitú blanco	0.55	2603.17	0.28	1321.43	0.77	1073.5			
Q'oitú caoba	0.78	3722.22	0.29	1380.95	1.58	2191.84			
Salcedo INIA	0.67	3174.6	0.28	1321.43	0.01	16.32			
Wariponcho	0.7	3349.21	0.34	1595.24	0.46	642.36			
Rosada	1.08	5158.73	0.42	2011.9	1.17	1627.4			
Witulla	0.55	2619.05	0.33	1559.52	1.51	2100.69			

FUENTE: Elaboración propia.

Anexo 11: Promedio general del Peso hectolítrico de 19 cultivares nativos de quinua en la zona Circunlacustre.

Cultivares	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Promedio
Blanca de Juli	180	185	183	183
Chajcha	176	178	179	178
Chaucha rosada	174	175	175	175
Choclito	173	174	174	174
Chullpi blanco	169	174	175	173
Chullpi rojo	167	170	169	169
Cuchiwila	167	169	170	169
Kancolla	168	168	170	169
Mestiza	168	169	169	169
Mistura	166	168	169	168
Pasankalla roja	165	165	170	167
Pasankalla ploma	164	163	166	164
Q'oitú rojo	163	165	165	164
Q'oitú blanco	156	166	167	163
Q'oitú caoba	155	165	166	162
Salcedo INIA	160	158	163	160
Wariponcho	158	154	169	160
Rosada	154	157	162	158
Witulla	150	155	159	155

FUENTE: Elaboración propia.

Anexo 12: Datos meteorológicos durante el ciclo de cultivo (2014-2015)

Estaciones			Estación Juli			Estación Acora			Estación Illpa				
Meses	Variable	Total	Promedio	Normal	Total	Promedio	Normal	Total	Promedio	Normal	Total	Promedio	Normal
Oct	T. Max	467.6	15.1	14.7	507.4	16.4	15.6	598.3	19.3	19.1	19.1	19.1	19.1
Nov	T. Max	464.2	15.5	15.0	506.2	16.9	15.4	600.7	20	19.6	19.6	19.6	19.6
Dic	T. Max	433.6	14	14.5	477.6	15.4	15.7	545.6	17.6	18.4	18.4	18.4	18.4
Ene	T. Max	430.8	13.9	13.9	458.8	14.8	14.5	514.5	16.6	17.1	17.1	17.1	17.1
Feb	T. Max	405.8	14.5	13.9	420	15	14.7	489.3	17.5	16.9	16.9	16.9	16.9
Mar	T. Max	476.2	15.4	13.9	477.8	15.4	14.7	570.9	18.4	16.9	16.9	16.9	16.9
Abr	T. Max	468.6	15.6	13.9	457.6	15.3	14.7	542.5	18.1	16.9	16.9	16.9	16.9
May	T. Max	456	14.7	13.9	463.4	14.9	14.7	557.2	18	16.9	16.9	16.9	16.9
Meses	Variable	Total	Promedio	Normal	Total	Promedio	Normal	Total	Promedio	Normal	Total	Promedio	Normal
Oct	T.Min.	120	3.9	3.3	128.02	4.1	2.8	23.5	0.8	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3
Nov	T.Min.	156.6	5.2	4.2	134.4	4.5	3.5	55.7	1.9	1.4	1.4	1.4	1.4
Dic	T.Min.	175.8	5.7	4.9	166.8	5.4	4.1	129.9	4.2	3.2	3.2	3.2	3.2
Ene	T.Min.	164	5.3	4.9	158.4	5.1	4.2	117.9	3.8	4.3	4.3	4.3	4.3
Feb	T.Min.	143.2	5.1	4.8	146.8	5.2	4.2	105.5	3.8	4.6	4.6	4.6	4.6
Mar	T.Min.	131	4.2	4.8	135.6	4.4	4.2	82.1	2.6	4.6	4.6	4.6	4.6
Abr	T.Min.	112.2	3.7	4.8	97.6	3.3	4.2	29.7	1	4.6	4.6	4.6	4.6
May	T.Min.	31.8	1	4.8	32.4	1	4.2	-130.2	-4.2	4.6	4.6	4.6	4.6
Meses	Variable	Total	Promedio	Normal	Total	Promedio	Normal	Total	Promedio	Normal	Total	Promedio	Normal
Oct	Prc.	73	39	39.0	47.2	55	55.0	38	53	53.0	53.0	53.0	53.0
Nov	Prc.	59.4	55.1	55.1	58.1	56.6	56.6	38.8	51.4	51.4	51.4	51.4	51.4
Dic	Prc.	165	120.5	120.5	161.8	100.3	100.3	140.7	108.6	108.6	108.6	108.6	108.6
Ene	Prc.	278.8	199.2	199.2	206.5	176.9	176.9	218.1	132.4	132.4	132.4	132.4	132.4
Feb	Prc.	103.5	184.1	184.1	87.1	143.6	143.6	53.7	122.3	122.3	122.3	122.3	122.3
Mar	Prc.	67.3	184.1	184.1	94.6	143.6	143.6	82.3	122.3	122.3	122.3	122.3	122.3
Abr	Prc.	40	184.1	184.1	22.3	143.6	143.6	33.2	122.3	122.3	122.3	122.3	122.3
May	Prc.	5.7	184.1	184.1	0	143.6	143.6	0.4	122.3	122.3	122.3	122.3	122.3
Total		792.7			677.6			605.2					
Periodo libre heladas		180 días			181 días			70 días					
Tem. Min. Absoluta (°C)		-11			-15			-16					

FUENTE: SENAMHI, 2015.

Anexo 13: Promedios generales del porcentaje (%) de incidencia del mildiu a 19 cultivos de quinua, en tres zonas agroecológicas.

N°	CULTIVARES DE QUINUA	ZONAS AGROECOLÓGICAS												PROMEDIO
		CIRCUNLACUSTRE			SUNIBAJA			SUNI ALTA						
		B I	B II	B III	B I	B II	B III	B I	B II	B III				
1	Blanca de Juli	10	5	30	20	20	30	20	30	20	30	20	20	21
2	Chajcha	5	5	10	30	20	30	10	20	20	30	20	20	17
3	Chaucha rosada	40	50	70	30	50	50	50	50	40	50	50	40	48
4	Choclito	30	50	50	10	40	30	30	20	30	30	20	30	32
5	Chullpi blanco	20	30	30	40	40	40	30	30	30	30	30	30	32
6	Chullpi rojo	20	30	40	60	50	40	50	50	60	50	50	60	44
7	Cuchiwila	20	40	30	20	30	20	40	30	40	40	30	40	30
8	Kancolla	40	30	20	5	30	40	20	30	40	40	30	40	28
9	Mestiza	30	30	20	30	30	50	40	30	30	40	30	30	32
10	Mistura	50	60	70	30	50	40	60	50	60	60	50	60	52
11	Pasankalla roja	20	30	20	10	20	20	30	30	20	30	20	20	22
12	Pasankalla ploma	30	20	10	20	20	20	20	20	20	20	20	30	21
13	Q'oitú blanco	40	50	40	40	20	50	30	40	30	30	40	30	38
14	Q'oitú caoba	20	40	40	40	40	30	40	40	40	40	40	30	36
15	Q'oitú rojo	10	20	5	30	30	20	30	40	30	40	40	30	24
16	Rosada	40	30	30	40	40	30	40	50	30	40	50	30	37
17	Salcedo INIA	20	20	30	30	30	20	30	30	20	30	30	20	26
18	Wariponcho	5	10	10	20	30	20	20	20	20	20	20	30	18
19	Witulla	30	30	30	20	10	30	30	40	30	30	40	30	28

FUENTE: Elaboración propia.

Anexo 14: Promedios generales del porcentaje (%) de daño por plagas ave a 19 cultivares de quinua, en tres zonas agroecológicas.

N°	Cultivares de quinua	Zonas agroecológicas															
		Circunlacustre					Sumi baja					Sumi alta					
		BI	B II	B III	PROMEDIO	BI	B II	B III	PROMEDIO	BI	B II	B III	PROMEDIO	BI	B II	B III	PROMEDIO
1	Blanca de Juli	25	30	30	28	20	5	20	15	1	1	1	1	1	1	1	1
2	Chajcha	1	5	10	5	15	20	20	18	1	1	1	1	1	1	1	1
3	Chaucha rosada	50	40	50	47	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	Choclito	20	30	30	27	1	1	1	1	10	1	1	1	1	20	10	10
5	Chullpi blanco	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	Chullpi rojo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	Cuchiwiila	30	20	20	23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	Kancolla	5	5	10	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	Mestiza	10	20	25	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	Mistura	15	30	50	32	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	Pasankalla roja	30	35	25	30	1	15	20	12	1	1	1	1	1	1	1	1
12	Pasankalla ploma	50	30	50	43	20	1	5	9	1	1	1	1	1	1	1	1
13	Q'oitu blanco	20	30	40	30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	Q'oitu caoba	50	30	25	35	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	Q'oitu rojo	30	5	1	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16	Rosada	1	10	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1	6	6
17	Salcedo INIA	30	30	10	23	15	1	5	7	1	1	1	1	1	1	1	1
18	Wariponcho	15	20	10	15	1	1	1	1	1	1	1	1	20	1	7	7
19	Witulla	50	40	55	48	1	1	1	1	20	25	15	1	20	15	20	20

FUENTE: Elaboración propia

Anexo 15: Promedios generales del porcentaje de daño por helada a 19 cultivares de quinua, en tres zonas agroecológicas.

N°	Cultivares de quinua	Zona Circunlacustre	Zona Suni baja	Zona Suni alta	Promedio
1	Blanca De Juli	1	1	38.3	40.0
2	Chajcha	1	1	28.3	25.0
3	Chaucha Rosada	1	1	45.0	45.6
4	Choclito	1	1	45.0	45.0
5	Chullpi Blanco	1	1	43.3	39.4
6	Chullpi Rojo	1	1	46.7	46.1
7	Cuchiwila	1	1	65.0	65.6
8	Kancolla	1	1	70.0	68.3
9	Mestiza	1	1	68.3	67.2
10	Mistura	1	1	63.3	65.6
11	Pasankalla Ploma	1	1	75.0	74.4
12	Pasankalla Rosada	1	1	85.0	83.9
13	Q'oitú Blanco	1	1	26.7	27.2
14	Q'oitú Caoba	1	1	23.3	26.7
15	Q'oitú Rojo	1	1	28.3	30.0
16	Rosada	1	1	66.7	64.4
17	Salcedo INIA	1	1	43.3	41.7
18	Wariponcho	1	1	26.7	27.2
19	Witulla	1	1	26.7	27.2

FUENTE: Elaboración propia

Anexo 16: Promedios generales del porcentaje de daño por granizada a 19 cultivares de quinua, en tres zonas agroecológicas.

N	Cultivares de quinua	Zona Circumlacustre	Zona Suni baja	Zona Suni alta	Promedio						
1	Blanca De Juli	25.5	45.5	25	5	3	5	85.2	70	65	36.6
2	Chajcha	63	65.4	65.5	5	5	34	45.6	80.5	70	48.2
3	Chaucha Rosada	33	40	60	5	3	30	40	70	80	40.1
4	Choclitto	45.5	33.3	45.5	3	5	5	85.6	65.5	80.5	41.0
5	Chullpi Blanco	42.5	45.5	43.3	3	4	5	80.5	50.5	45.5	35.5
6	Chullpi Rojo	65.3	65.5	45.5	5	5	10	90	65.5	80.5	48.0
7	Cuchiwila	70	50	60	3	5	30	80.5	50	50	44.3
8	Kancolla	45.3	45	10	5	5	10	85.6	65.8	45.5	35.2
9	Mestiza	48.5	65.5	20	3	5	10	90	80.8	80	44.8
10	Mistura	33	60.5	80	4	5	5	65.5	70	75.5	44.3
11	Pasankalla Ploma	63.5	80.5	85	15	5	5	68.5	80	85.5	54.2
12	Pasankalla Rosada	80.5	80.5	75	3	20	30	60.3	65.5	80	55.0
13	Q'oitu Blanco	65.3	50	45.3	3	3	5	25.5	70	30.3	33.0
14	Q'oitu Caoba	25.5	45.6	50	4	4	5	65.5	50.5	80.3	36.7
15	Q'oitu Rojo	30	45.5	45	5	5	4	30	65.5	68.3	33.1
16	Rosada	85.5	45.5	68.5	35	25	35	50	50	90	53.8
17	Salcedo INIA	30	20	10	5	5	5	30.4	68.5	30	22.7
18	Wariponcho	28.8	60	85	3	5	4	65.4	30	30	34.6
19	Witulla	20.5	25	10	5	10	5	65.5	50	30	24.6

FUENTE: Elaboración propia.

Anexo 17: Análisis de caracterización de suelos de tres localidades del departamento de Puno.



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



ANALISIS DE CARACTERIZACIÓN DE SUELOS

ILLPA, CAMACANI Y JULI. CAMPAÑA AGRÍCOLA: 2013 - 2014, PUNO - PERÚ

PROCEDENCIA : MS01 Sector Rio salado – Dist. Juli Prov. – Chucuito Región – Puno
 : MS02 Sector Buenavista – Dist. Platería Prov. – Puno Región – Puno.
 : MS03 Sector Moro – Dist. Paucarcolta Prov. – Puno Región – Puno
 INTERESADO : Molina Sagua Mario
 MOTIVO : Fines Agrícolas (Sembrio)
 FECHA RECEPCIÓN : 30/08/2013
 ANALISIS : 04/09/2013
 LABORATORIO : Agua y Suelo FCA – UNA
 FECHA DE EXPEDICIÓN: 08/06/2015

ELEMENTO	JULI	CAMACANI	ILLPA	MÉTODO
PROFUNDIDAD DE MUESTREO	0-25	0-25 CM	0-25CM	
ANÁLISIS FÍSICO				
ARENA	38,00%	66,00%	28,00%	HIDROMÉTRICO
LIMO	40,75%	20,75%	40,75%	HIDROMÉTRICO
ARCILLA	21,25%	13,25%	31,25%	HIDROMÉTRICO
CLASE TEXTURAL	FRANCO	FRANCO ARENOSA	FRANCO ARCILLOSA	TRIÁNGULO TEXTURAL
ANÁLISIS QUÍMICO				
PH	7,40	6,55	6,25	POTENCIÓMETRO
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	0,370 MMHOS/CM	0,215 MMHOS/CM	0,169 MMHOS/CM	CONDUCTÍMETRO
MATERIA ORGÁNICA	6,50%	4,52%	4,89%	WALKEY Y BLAK
NITRÓGENO TOTAL	0,42 %	0,32%	0,20%	KJELDAHL
FOSFORO DISPONIBLE	36 PPM	45,6 PPM	50,5 PPM	OLSEN MODIFICADO
POTASIO DISPONIBLE	415 PPM	340PPM	320PPM	PEECH

Ing. M.Sc. Angel Cari Choquebuanca
 JEFE DE LABORATORIO DE AGUAS, SUELOS PLANTAS

Puno, C.U. 08 de Junio del 2015.

Anexo 18: Instrumentos de medición para recolección de datos de la investigación.



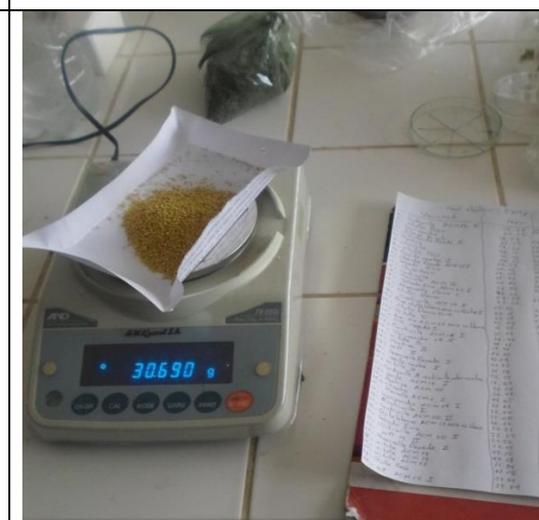
A: Regla Vernier para la medición del diámetro de los granos de quinua.



B: Balanza hectolétrica para la determinación del peso hectolétrico de los granos de quinua.



C: Microscopio electrónico para determinar enfermedades en cultivares nativos de quinua.



D: Balanza de precisión para la determinación de la masa de los cultivares nativos de quinua.

Anexo 19: Especificaciones de los términos del modelo para el tratamiento de datos en el software estadístico INFOSTAT V. 2015.

Análisis de la varianza

Modelo Comparaciones Contrastes

Especificación de los términos del modelo

ZONA AGROECOLÓGICA\ZONA AGROECOLÓGICA>BLOQUES
ZONA AGROECOLÓGICA>BLOQUES
CULTIVARES DE QUINUA
ZONA AGROECOLÓGICA*CULTIVARES DE QUINUA

Variables de clasificación

CULTIVARES DE QUINUA
ZONA AGROECOLÓGICA
BLOQUES

Covariables

SC Tipo I Sólo generar tabla resumen con

Agregar Interacciones

Aceptar Cancelar Ayuda

Guardar

Residuos
 Predichos
 Res estud.
 Abs(residuos)
 Sobrescribir

Anexo 20: Panel fotográfico de las actividades realizadas durante la conducción de la investigación.



Figura 40: Aleatorización y siembra de cultivares nativos de quinua.



Figura 41: Seguimiento de la evaluación fenológica de los cultivares nativos de quinua en la zona Circulacustre de Puno (Juli).



Figura 42: Severidad del mildiu en el cultivar nativo Mistura en la zona agroecológica Suni baja de Puno (Plateria).



Figura 43: Evaluación de la resistencia de los cultivares nativos de quinua al daño ocasionado por helada en la zona Suni alta de Puno (Illpa).



Figura 44: Evaluación de la resistencia de los cultivares nativos de quinua al daño ocasionado por granizada en la zona Suni alta de Puno (Illpa).



Figura 45: Evaluación de la resistencia de los cultivares nativos de quinua al daño ocasionado por aves en la zona agroecológica Circunlacustre de Puno (Juli).



Figura 46: Exposición de los resultados del rendimiento de grano de los cultivares nativos de quinua.