

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



“COMPARATIVO DE ACCESIONES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) EN CONDICIONES DE COSTA CENTRAL”

Presentado por:

VANESSA DEL PILAR MENDOZA SOTO

Tesis para optar el título de

INGENIERO AGRÓNOMO

Lima – Perú

2013

INDICE GENERAL

| | Pág. |
|--|-------------|
| I. RESUMEN | 1 |
| II. INTRODUCCIÓN | 2 |
| III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA | 4 |
| 3.1 ORIGEN DE LA QUINUA | 4 |
| 3.2 CLASIFICACIÓN CIENTÍFICA | 5 |
| 3.3 CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LA QUINUA | 5 |
| 3.4 ADAPTACIÓN | 7 |
| 3.4.1 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y ECOLOGÍA | 7 |
| 3.4.2 ADAPTABILIDAD | 10 |
| 3.5 REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO | 12 |
| 3.5.1 SUELO | 12 |
| 3.5.2 pH Y SALINIDAD | 13 |
| 3.5.3 CLIMA | 13 |
| 3.5.4 HUMEDAD Y TEMPERATURA | 13 |
| 3.5.5 HUMEDAD RELATIVA | 14 |
| 3.5.6 TEMPERATURA | 14 |
| 3.5.7 RADIACIÓN | 15 |
| 3.5.8 FOTOPERIODO | 16 |
| 3.5.9 AGUA, PRECIPITACIÓN Y RIEGOS | 17 |
| 3.5.10 ALTITUD | 20 |
| 3.6 FENOLOGÍA | 20 |
| 3.6.1 EMERGENCIA | 21 |
| 3.6.2 HOJAS COTILEDÓNEAS | 21 |
| 3.6.3 DOS HOJAS VERDADERAS | 22 |
| 3.6.4 CUATRO HOJAS VERDADERAS | 22 |
| 3.6.5 SEIS HOJAS VERDADERAS | 22 |
| 3.6.6 RAMIFICACIÓN | 22 |
| 3.6.7 INICIO DE PANOJAMIENTO | 23 |
| 3.6.8 PANOJAMIENTO | 23 |
| 3.6.9 INICIO DE FLORACIÓN | 23 |
| 3.6.10 PLENA FLORACIÓN | 24 |

| | | |
|--------|--|----|
| 3.6.11 | GRANO LECHOSO | 24 |
| 3.6.12 | GRANO PASTOSO | 24 |
| 3.6.13 | MADUREZ FISIOLÓGICA | 24 |
| 3.7 | RENDIMIENTO | 25 |
| 3.8 | ÍNDICE DE COSECHA | 27 |
| 3.9 | PESO DE MIL GRANOS | 27 |
| 3.10 | UNIDADES DE CALOR O UNIDADES TÉRMICAS ACUMULADAS | 27 |
| 3.10.1 | UNIDADES DE CALOR EN QUINUA | 31 |
| IV. | MATERIALES Y MÉTODOS | 34 |
| 4.1 | MATERIALES | 34 |
| 4.1.1 | UBICACIÓN DE LA ZONA EXPERIMENTAL | 34 |
| 4.1.2 | ANÁLISIS DE SUELO | 34 |
| 4.1.3 | CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LA ZONA | 35 |
| 4.1.4 | MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS EN EL ESTUDIO | 36 |
| 4.2 | MÉTODOS | 40 |
| 4.2.1 | CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL | 40 |
| 4.2.2 | MANEJO DEL CULTIVO | 41 |
| 4.2.3 | CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES | 43 |
| 4.2.4 | DISEÑO EXPERIMENTAL | 45 |
| 4.3 | EVALUACIONES | 45 |
| 4.3.1 | CARACTERES AGRONÓMICOS | 45 |
| 4.3.2 | VARIABLES MORFOLÓGICAS | 47 |
| 4.3.3 | CARACTERES DE CALIDAD | 47 |
| 4.3.4 | FENOLOGÍA DEL CULTIVO | 48 |
| 4.3.5 | DETERMINACIÓN DE LAS UNIDADES DE CALOR | 50 |
| V. | RESULTADOS Y DISCUSIONES | 51 |
| 5.1 | CARACTERES AGRONÓMICOS | 51 |
| 5.1.1 | RENDIMIENTO | 51 |
| 5.1.2 | ALTURA DE PLANTA | 56 |
| 5.1.3 | MILDIU (PORCENTAJE DE HOJA AFECTADA) | 58 |
| 5.1.4 | BIOMASA | 59 |
| 5.1.5 | ÍNDICE DE COSECHA | 61 |
| 5.2 | CARACTERES DE CALIDAD | 62 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 5.2.1 | CONTENIDO DE PROTEÍNA EN EL GRANO | 62 |
| 5.2.2 | CONTENIDO DE SAPONINA EN EL GRANO | 65 |
| 5.2.3 | PESO DE MIL GRANOS | 66 |
| 5.3 | FENOLOGÍA DEL CULTIVO | 67 |
| 5.3.1 | GERMINACIÓN | 74 |
| 5.3.2 | DESARROLLO VEGETATIVO | 76 |
| 5.3.3 | RAMIFICACIÓN | 79 |
| 5.3.4 | DESARROLLO DEL BOTÓN FLORAL | 81 |
| 5.3.5 | DESARROLLO DE LA INFLORESCENCIA | 84 |
| 5.3.6 | FLORACIÓN | 87 |
| 5.3.7 | ANTESIS | 90 |
| 5.3.8 | GRANO ACUOSO | 93 |
| 5.3.9 | GRANO LECHOSO | 96 |
| 5.3.10 | GRANO PASTOSO | 99 |
| 5.4 | DETERMINACIÓN DE LAS UNIDADES DE CALOR (°D) REQUERIDAS PARA LAS FASES DE LOS GENOTIPOS DE QUINUA | 111 |
| 5.4.1 | GERMINACIÓN | 115 |
| 5.4.2 | DESARROLLO VEGETATIVO | 115 |
| 5.4.3 | RAMIFICACIÓN | 116 |
| 5.4.4 | DESARROLLO DEL BOTÓN FLORAL | 116 |
| 5.4.5 | DESARROLLO DE LA INFLORESCENCIA | 116 |
| 5.4.6 | FLORACIÓN | 117 |
| 5.4.7 | ANTESIS | 117 |
| 5.4.8 | GRANO ACUOSO | 118 |
| 5.4.9 | GRANO LECHOSO | 118 |
| 5.4.10 | GRANO PASTOSO | 119 |
| VI. | CONCLUSIONES | 122 |
| VII. | RECOMENDACIONES | 124 |
| VIII. | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 125 |
| IX. | ANEXOS | 133 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Cuadro 1: Humedad y temperatura según los grupos agroecológicos de quinua | 15 |
| Cuadro 2: Promedios de rendimientos de quinua en diferentes años según la precipitación, el nivel de fertilización y el efecto de plagas y enfermedades | 26 |
| Cuadro 3: Rendimientos potenciales de la quinua en el altiplano de Puno | 26 |
| Cuadro 4: Valores promedio de los datos climatológicos: horas de sol, humedad relativa máxima y mínima, evapotranspiración y precipitación, durante el período octubre 2011 – febrero 2012. La Molina | 36 |
| Cuadro 5: Cronograma de las actividades realizadas durante la conducción del experimento | 44 |
| Cuadro 6: Código decimal desarrollado en base a la escala de Darwinkel, A. y Stolen, O. citados por Gómez (2010) | 49 |
| Cuadro 7: Cuadrados medios de los caracteres agronómicos, saponina y peso de mil granos de 17 genotipos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) en condiciones de la costa central. La Molina. Octubre 2011 – Febrero 2012 | 52 |
| Cuadro 8: Valores promedios y Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) del rendimiento, altura de planta, mildiu, biomasa e índice de cosecha de 17 genotipos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) en condiciones de la costa central. La Molina. Octubre 2011 – Febrero 2012 | 53 |
| Cuadro 9: Análisis de variancia del porcentaje de proteína en el grano de 16 genotipos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) en condiciones de la costa central. La Molina. Octubre 2011 – Febrero 2012 | 63 |
| Cuadro 10: Valores promedios y Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) del peso de mil granos, proteína y saponina de 17 genotipos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) en condiciones de la costa central. La Molina. Octubre | 64 |

2011 – Febrero 2012

- Cuadro 11: Cuadrados medios del N° de días de la duración total de las fases de desarrollo germinación, desarrollo vegetativo, desarrollo del botón floral, desarrollo de la inflorescencia, floración, antesis, grano acuoso, grano lechoso y grano pastoso de 17 genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) que formaron grano en condiciones de la costa central. La Molina. Octubre 2011 – Febrero 2012 69
- Cuadro 12: Cuadrados medios del N° de días para el inicio (DDS) de las fases de desarrollo germinación, desarrollo vegetativo, desarrollo del botón floral, desarrollo de la inflorescencia, floración, antesis, grano acuoso, grano lechoso y grano pastoso de 17 genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) que formaron grano en condiciones de la costa central. La Molina. Octubre 2011 – Febrero 2012 70
- Cuadro 13: Cuadrados medios del N° de días para la culminación de las fases de desarrollo germinación, desarrollo vegetativo, desarrollo del botón floral, desarrollo de la inflorescencia, floración, antesis, grano acuoso, grano lechoso y grano pastoso de 17 genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) que formaron grano en condiciones de la costa central. La Molina. Octubre 2011 – Febrero 2012 71
- Cuadro 14: Datos estadísticos generales de la duración total en días de las fases: germinación, desarrollo vegetativo, desarrollo del botón floral, desarrollo de la inflorescencia, floración, antesis, grano acuoso, grano lechoso y grano pastoso de 17 genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) que formaron grano en condiciones de la costa central. La Molina. Octubre 2011 - Febrero 2012 72
- Cuadro 15: Rangos del N° de días para el inicio, culminación y duración de las fases fenológicas características de los 17 genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) que formaron grano en condiciones de la costa central. La Molina. Octubre 2011 – Febrero 2012 73

- Cuadro 16: Valores promedio y prueba de Tukey ($\alpha= 0.05$) de la duración (N° Días), días para el inicio, días para la culminación, grados día (°D) para el inicio y grados día (°D) para la culminación correspondientes a la fase de germinación de 17 genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en costa central. La Molina. Octubre 2011 - Febrero 2012 75
- Cuadro 17: Valores promedio y prueba de Tukey ($\alpha= 0.05$) de la duración (N° Días), días para el inicio, días para la culminación, grados día (°D) para el inicio y grados día (°D) para la culminación correspondientes a la fase del desarrollo vegetativo de 17 genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en costa central. La Molina. Octubre 2011 - Febrero 2012 77
- Cuadro 18: Valores promedio y prueba de Tukey ($\alpha= 0.05$) de días y grados día (°D) para el inicio correspondientes a la fase de ramificación de 17 genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en costa central. La Molina. Octubre 2011 - Febrero 2012 79
- Cuadro 19: Valores promedio y prueba de Tukey ($\alpha= 0.05$) de la duración (N° Días), días para el inicio, días para la culminación, grados día (°D) para el inicio y grados día (°D) para la culminación correspondientes a la fase del desarrollo del botón floral de 17 genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en costa central. La Molina. Octubre 2011 - Febrero 2012 82
- Cuadro 20: Valores promedio y prueba de Tukey ($\alpha= 0.05$) de la duración (N° Días), días para el inicio, días para la culminación, grados día (°D) para el inicio y grados día (°D) para la culminación correspondientes a la fase del desarrollo del de la inflorescencia de 17 genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en costa central. La Molina. Octubre 2011 - Febrero 2012 85

| | | |
|------------|---|-----|
| Cuadro 21: | Valores promedio y prueba de Tukey ($\alpha= 0.05$) de la duración (N° Días), días para el inicio, días para la culminación, grados día (°D) para el inicio y grados día (°D) para la culminación correspondientes a la fase de floración de 17 genotipos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) en costa central. La Molina. Octubre 2011 - Febrero 2012 | 88 |
| Cuadro 22: | Valores promedio y prueba de Tukey ($\alpha= 0.05$) de la duración (N° Días), días para el inicio, días para la culminación, grados día (°D) para el inicio y grados día (°D) para la culminación correspondientes a la fase de antesis de 17 genotipos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) en costa central. La Molina. Octubre 2011 - Febrero 2012 | 91 |
| Cuadro 23: | Valores promedio y prueba de Tukey ($\alpha= 0.05$) de la duración (N° Días), días para el inicio, días para la culminación, grados día (°D) para el inicio y grados día (°D) para la culminación correspondientes a la fase de grano acuoso de 17 genotipos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) en costa central. La Molina. Octubre 2011 - Febrero 2012 | 94 |
| Cuadro 24: | Valores promedio y prueba de Tukey ($\alpha= 0.05$) de la duración (N° Días), días para el inicio, días para la culminación, grados día (°D) para el inicio y grados día (°D) para la culminación correspondientes a la fase de grano lechoso de 17 genotipos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) en costa central. La Molina. Octubre 2011 – Febrero 2012 | 97 |
| Cuadro 25: | Valores promedio y prueba de Tukey ($\alpha= 0.05$) de la duración (N° Días), días para el inicio, días para la culminación, grados día (°D) para el inicio y grados día (°D) para la culminación correspondientes a la fase de grano pastoso de 17 genotipos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) en costa central. La Molina. Octubre 2011 - Febrero 2012 | 100 |
| Cuadro 26: | Resumen de los valores promedios acumulados de días para la culminación de las fases representativas de 17 genotipos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) que formaron grano en condiciones de | 101 |

la costa central. La Molina. Octubre 2011 – Febrero 2012

- Cuadro 27: Resumen de los valores promedios acumulados de grados día ($^{\circ}\text{D}$) para el inicio y la culminación de las fases representativas de 17 genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) que formaron grano en condiciones de la costa central. La Molina. Octubre 2011 – Febrero 2012 112
- Cuadro 28: Cuadrados medios de los grados día ($^{\circ}\text{D}$) para el inicio de las fases de desarrollo germinación, desarrollo vegetativo, desarrollo del botón floral, desarrollo de la inflorescencia, floración, antesis, grano acuoso, grano lechoso y grano pastoso de 17 genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) que formaron grano en costa central. La Molina. Octubre 2011 – Febrero 2012 113
- Cuadro 29: Cuadrados medios de los grados día ($^{\circ}\text{D}$) para la culminación de las fases de desarrollo germinación, desarrollo vegetativo, desarrollo del botón floral, desarrollo de la inflorescencia, floración, antesis, grano acuoso, grano lechoso y grano pastoso de 17 genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) que formaron grano en costa central. La Molina. Octubre 2011 – Febrero 2012 114

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Figura 1: Fluctuación de la temperatura promedio mensual durante la campaña Octubre 2011 – Febrero 2012 | 35 |
| Figura 2: Fase 0 (Germinación – Hojas cotiledóneas extendidas) | 74 |
| Figura 3: Fase 1 (desarrollo vegetativo) | 78 |
| Figura 4: Fase 2 (ramificación) | 80 |
| Figura 5: Fase 3 (desarrollo del botón floral) | 83 |
| Figura 6: Fase 4 (desarrollo de la inflorescencia) | 86 |
| Figura 7: Fase 5 (floración) | 89 |
| Figura 8: Fase 6 (antesis) | 92 |
| Figura 9: Fase 7 (grano acuoso) | 95 |
| Figura 10: Fase 8 (grano lechoso) | 98 |
| Figura 11: Fase 9 (grano pastoso) | 102 |
| Figura 12: Correlación entre las fases de desarrollo, meses y los valores promedio de los grados día acumulados requeridos para el inicio y culminación de cada fase de 17 genotipos de quinua que formaron grano en costa central. La Molina. Octubre 2011 – Febrero 2012 | 109 |
| Figura 13: Correlación entre las fases de desarrollo, meses y los valores promedio de los grados día acumulados requeridos para el inicio y culminación de cada fase de 8 genotipos de quinua que no formaron grano en costa central. La Molina. Octubre 2011 – Febrero 2012 | 110 |
| Figura 14: Fluctuación de las temperaturas máximas y mínimas mensuales durante la campaña octubre 2011 – febrero 2012. La Molina | 111 |
| Figura 15: Fluctuación de las temperaturas máximas y mínimas diarias durante la campaña octubre 2011 – febrero 2012 La Molina | 112 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | Pág. |
|--|-------------|
| ANEXO 1: Área cosechada (ha) de quinua en tres países andinos en cuatro años referenciales | 133 |
| ANEXO 2: Producción en toneladas de quinua en tres países andinos en cuatro años referenciales | 134 |
| ANEXO 3: Exportaciones de quinua peruana | 134 |
| ANEXO 4: Características morfológicas de 25 genotipos de quinua en costa central. La Molina. Octubre 2011 – Febrero 2012 | 135 |
| ANEXO 5: Análisis del suelo en el que se llevó a cabo el experimento La Molina. Campaña Octubre 2011 – Febrero 2012 | 136 |
| ANEXO 6: Costos de Producción del cultivo de quinua. La Molina. Campaña Octubre 2011 – Febrero 2012 | 137 |