

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



**“RELACIÓN DE LA MORFOLOGÍA DE LA INFLORESCENCIA Y  
LOS COMPONENTES DE RENDIMIENTO DE LA QUINUA  
(*Chenopodium quinoa* Willd)”**

**Presentada por:**

**DIEGO ZAMUDIO AYALA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRONOMO**

**LIMA – PERU**

**2018**

## **Dedicatoria**

A mis padres y mi hermana por ser el constante empuje para poder lograr mis anhelos como persona y como profesional capaz de aportar a la sociedad.

A la comunidad científica por ser un ejemplo a seguir en el descubrimiento y solución de problemas de la naturaleza.

## **AGRADECIMIENTO**

Al Programa de Cereales y Granos Nativos de la UNALM por el apoyo en la implementación del trabajo de investigación.

Al proyecto de investigación “Desarrollo de Cadenas de Valor para la Conservación de la Biodiversidad y el Mejoramiento de los Medios de Vida Rural” SP-Quinoa del convenio VLIR USO/UNALM. Por el financiamiento de la presente tesis.

A la Dra. Luz Gómez Pando por la oportunidad brindada para la realización del trabajo de tesis y por su constante esfuerzo en su trabajo como investigadora.

A cada uno de mis compañeros que me brindaron su apoyo para la realización de los muestreos, análisis y sugerencias para poder mejorar el trabajo de investigación.

A la Sra. Ruth Paucar por todos los consejos y paciencia brindados durante la realización del trabajo de investigación.

# INDICE

RESUMEN

ABSTRACT

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
II.	REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1.	La región andina y la quinua:.....	3
2.2.	Importancia agrícola de la quinua en el Perú.....	4
2.3.	Botánica y descripción de la planta.....	5
2.3.1.	Caracteres florales .....	6
2.4.	Biología floral .....	11
2.5.	Ginoicismo .....	11
2.6.	Coloración .....	13
2.7.	Fenología .....	13
2.8.	Componentes de rendimiento de especies productoras de grano .....	17
2.8.1.	Fisiología del cultivo y mejora del rendimiento.....	18
2.8.2.	La semilla: Un componente integral del proceso de producción del rendimiento.....	18
2.8.3.	Componentes del rendimiento-regulados por la semilla .....	20
2.9.	La semilla, el manejo del cultivo y el rendimiento .....	27
2.9.1.	Tamaño del contenedor (semilla) de rendimiento .....	27
2.9.2.	Llenando el contenedor (órgano de reserva) del rendimiento .....	29
2.9.3.	El tamaño de la semilla y el rendimiento .....	31
2.10.	Componentes del rendimiento de la quinua.....	31
III.	MATERIALES Y METODOS: .....	32
3.1.	Ubicación geográfica .....	32
3.2.	Materiales .....	32
3.3.	Metodología.....	32

3.4. Diseño experimental.....	34
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	36
V. CONCLUSIONES .....	67
VI. RECOMENDACIONES .....	69
VII. REVISION BIBLIOGRAFICA.....	70
VIII. ANEXOS.....	74

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Número de flores y proporción de flores hermafroditas y pistiladas observadas en la inflorescencia de 16 plantas de la variedad INIA SALCEDO. La Molina 2016.....	37
<b>Tabla 2</b> Número de flores y proporción de flores hermafroditas y pistiladas observadas en la inflorescencia de 15 plantas de la variedad INIA 431 ALTIPLANO. La Molina 2016.....	39
<b>Tabla 3</b> Número de flores y proporción de flores hermafroditas y pistiladas observadas en la inflorescencia de 16 plantas de la variedad ROSADA DE HUANCAYO. La Molina 2016. ....	42
<b>Tabla 4</b> Número de flores y proporción de flores hermafroditas y pistiladas observadas en la inflorescencia 17 plantas de la variedad AMARILLA SACACA. La Molina 2016. ....	45
<b>Tabla 5</b> Rendimiento (g/planta) y peso de 1000 granos (g) de 16 plantas de la variedad INIA Salcedo. La Molina 2016.....	48
<b>Tabla 6</b> Coeficientes simples de correlación (r) fenotípica entre el N° de flores hermafroditas y pistiladas de la inflorescencia y los componentes de rendimiento de la var. INIA Salcedo. La Molina 2016. ....	49
<b>Tabla 7</b> Coeficientes de determinación ( $R^2$ ) entre el N° de flores hermafroditas y pistiladas de la inflorescencia y los componentes de rendimiento de la var. INIA Salcedo. La Molina 2016. ....	49
<b>Tabla 8</b> Efecto directo e indirecto del N° de flores hermafroditas y pistiladas en el rendimiento y los componentes de rendimiento de la var. INIA Salcedo. La Molina 2016.	50
<b>Tabla 9</b> Rendimiento (g/planta) y peso de 1000 granos (g) de la variedad INIA 431 Altiplano. La Molina 2016. ....	52
<b>Tabla 10</b> Coeficientes simples de correlación (r) fenotípica entre el N° de flores hermafroditas y pistiladas de la inflorescencia y los componentes de rendimiento de la var. INIA 431 ALTIPLANO. La Molina 2016.....	53
<b>Tabla 11</b> Coeficientes de determinación ( $R^2$ ) entre el N° de flores hermafroditas y pistiladas de la inflorescencia y los componentes de rendimiento de la var. INIA 431 ALTIPLANO. La Molina 2016.....	53
<b>Tabla 12</b> Efecto directo e indirecto del N° de flores hermafroditas y pistiladas en el rendimiento y los componentes de rendimiento de la var. INIA 431 ALTIPLANO. La Molina 2016. ....	54
<b>Tabla 13</b> Rendimiento (g/planta) y peso de 1000 granos (g) de la variedad Rosada de Huancayo. La Molina 2016. ....	56
<b>Tabla 14</b> Coeficientes simples de correlación (r) fenotípica entre el N° de flores hermafroditas y pistiladas de la inflorescencia y los componentes de rendimiento de la var. ROSADA DE HUANCAYO. La Molina 2016.....	57
<b>Tabla 15</b> Coeficientes de determinación ( $R^2$ ) entre el N° de flores hermafroditas y pistiladas de la inflorescencia y los componentes de rendimiento de la var. ROSADA DE HUANCAYO. La Molina 2016.....	57

<b>Tabla 16</b> Efecto directo e indirecto del N° de flores hermafroditas y pistiladas en el rendimiento y los componentes de rendimiento de la var. ROSADA DE HUANCAYO. La Molina 2016.....	58
<b>Tabla 17</b> Rendimiento (g/planta) y peso de 1000 granos (g) de la variedad Amarilla Sacaca. La Molina 2016. ....	60
<b>Tabla 18</b> Coeficientes simples de correlación (r) fenotípica entre el N° de flores hermafroditas y pistiladas de la inflorescencia y los componentes de rendimiento de la var. AMARILLA SACACA. La Molina 2016. ....	61
<b>Tabla 19</b> Coeficientes de determinación (R <sup>2</sup> ) entre el N° de flores hermafroditas y pistiladas de la inflorescencia y los componentes de rendimiento de la var. AMARILLA SACACA. La Molina 2016.....	61
<b>Tabla 20</b> Efecto directo e indirecto del N° de flores hermafroditas y pistiladas en el rendimiento y los componentes de rendimiento de la var. AMARILLA SACACA. La Molina 2016. ....	62

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Glomérulo en arreglo dicasial IX de la var. INIA Salcedo .....	37
<b>Figura 2</b> Arreglo dicasial tipo IX de la var. INIA Salcedo.....	38
<b>Figura 3</b> Glomérulo en arreglo dicasial V de la var. INIA 431 ALTIPLANO .....	40
<b>Figura 4</b> Glomérulo en arreglo dicasial V de la var. INIA 431 ALTIPLANO .....	40
<b>Figura 5</b> Arreglo dicasial tipo V de la var. INIA 431 Altiplano .....	41
<b>Figura 6</b> Glomérulo en arreglo dicasial X de la var. Rosada de Huancayo.....	43
<b>Figura 7</b> Arreglo dicasial tipo X de la var. Rosada de Huancayo .....	43
<b>Figura 8</b> Glomérulo en arreglo dicasial X de la var. Amarilla Sacaca .....	45
<b>Figura 9</b> Arreglo dicasial tipo X de la var. Amarilla Sacaca.....	46

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> Análisis de regresión entre la variable número de flores hermafroditas y rendimiento de la var. INIA Salcedo. ....	74
<b>Anexo 2</b> Análisis de variancia entre la variable número de flores hermafroditas y rendimiento de la var. INIA Salcedo. ....	74
<b>Anexo 3</b> Análisis de regresión entre la variable número de flores hermafroditas y número de granos por planta de la var. INIA Salcedo.....	74
<b>Anexo 4</b> Análisis de variancia entre la variable número de flores hermafroditas y número de granos por planta de la var. INIA Salcedo.....	75
<b>Anexo 5</b> Análisis de regresión entre la variable número de flores hermafroditas y peso de 1000 granos de la var. INIA Salcedo.....	75
<b>Anexo 6</b> Análisis de variancia entre la variable número de flores hermafroditas y peso de 1000 granos de la var. INIA Salcedo.....	75
<b>Anexo 7</b> Análisis de regresión entre la variable número de flores pistiladas y rendimiento de la var. INIA Salcedo. ....	76
<b>Anexo 8</b> Análisis de regresión entre la variable número de flores pistiladas y número de granos por planta de la var. INIA Salcedo.....	76
<b>Anexo 9</b> Análisis de variancia entre la variable número de flores pistiladas y número de granos por planta de la var. INIA Salcedo.....	76
<b>Anexo 10</b> Análisis de regresión entre la variable número de flores pistiladas y peso de 1000 granos de la var. INIA Salcedo.....	77
<b>Anexo 11</b> Análisis de variancia entre la variable número de flores pistiladas y peso de 1000 granos de la var. INIA Salcedo.....	77
<b>Anexo 12</b> Análisis de regresión entre la variable número de flores hermafroditas y rendimiento de la var. INIA 431 Altiplano.....	77
<b>Anexo 13</b> Análisis de varianza entre la variable número de flores hermafroditas y rendimiento de la var. INIA 431 Altiplano.....	78
<b>Anexo 14</b> Análisis de regresión entre la variable número de flores hermafroditas y número de granos por planta de la var. INIA 431 Altiplano. ....	78
<b>Anexo 15</b> Análisis de varianza entre la variable número de flores hermafroditas y número de granos por planta de la var. INIA 431 Altiplano .....	78
<b>Anexo 16</b> Análisis de regresión entre la variable número de flores hermafroditas y peso de 1000 granos de la var. INIA 431 Altiplano. ....	79
<b>Anexo 17</b> Análisis de regresión entre la variable número de flores pistiladas y rendimiento de la var. INIA 431 Altiplano. ....	79
<b>Anexo 18</b> Análisis de regresión entre la variable número de flores pistiladas y número de granos por planta de la var. INIA 431 Altiplano .....	80
<b>Anexo 19</b> Análisis de varianza entre la variable número de flores pistiladas y número de granos por planta de la var. INIA 431 Altiplano. ....	80

<b>Anexo 20</b> Análisis de regresión entre la variable número de flores pistiladas y peso de 1000 granos de la var. INIA 431 Altiplano. ....	80
<b>Anexo 21</b> Análisis de varianza entre la variable número de flores pistiladas y peso de 1000 granos de la var. INIA 431 Altiplano. ....	81
<b>Anexo 22</b> Análisis de regresión entre la variable número de flores hermafroditas y rendimiento de la var. Rosada de Huancayo. ....	81
<b>Anexo 23</b> Análisis de varianza entre la variable número de flores hermafroditas y rendimiento de la var. Rosada de Huancayo. ....	81
<b>Anexo 24</b> Análisis de regresión entre la variable número de flores hermafroditas y número de granos por planta de la var. Rosada de Huancayo. ....	82
<b>Anexo 25</b> Análisis de varianza entre la variable número de flores hermafroditas y número de granos por planta de la var. Rosada de Huancayo. ....	82
<b>Anexo 26</b> Análisis de regresión entre la variable número de flores hermafroditas y peso de 1000 granos de la var. Rosada de Huancayo. ....	82
<b>Anexo 27</b> Análisis de regresión entre la variable número de flores pistiladas y rendimiento de la var. Rosada de Huancayo. ....	83
<b>Anexo 28</b> Análisis de regresión entre la variable número de flores pistiladas y número de granos por planta de la var. Rosada de Huancayo. ....	83
<b>Anexo 29</b> Análisis de regresión entre la variable número de flores pistiladas y peso de 1000 granos de la var. Rosada de Huancayo. ....	84
<b>Anexo 30</b> Análisis de varianza entre la variable número de flores pistiladas y peso de 1000 granos de la var. Rosada de Huancayo. ....	84
<b>Anexo 31</b> Análisis de regresión entre la variable número de flores hermafroditas y rendimiento de la var. Amarilla Sacaca. ....	84
<b>Anexo 32</b> Análisis de varianza entre la variable número de flores hermafroditas y rendimiento de la var. Amarilla Sacaca. ....	85
<b>Anexo 33</b> Análisis de regresión entre la variable número de flores hermafroditas y número de granos por planta de la var. Amarilla Sacaca. ....	85
<b>Anexo 34</b> Análisis de varianza entre la variable número de flores hermafroditas y número de granos por planta de la var. Amarilla Sacaca. ....	85
<b>Anexo 35</b> Análisis de regresión entre la variable número de flores hermafroditas y peso de 1000 granos de la var. Amarilla Sacaca. ....	86
<b>Anexo 36</b> Análisis de varianza entre la variable número de flores hermafroditas y peso de 1000 granos de la var. Amarilla Sacaca. ....	86
<b>Anexo 37</b> Análisis de regresión entre la variable número de flores pistiladas y rendimiento de la var. Amarilla Sacaca. ....	86
<b>Anexo 38</b> Análisis de varianza entre la variable número de flores pistiladas y rendimiento de la var. Amarilla Sacaca. ....	87
<b>Anexo 39</b> Análisis de regresión entre la variable número de flores pistiladas y número de granos por planta de la var. Amarilla Sacaca. ....	87

<b>Anexo 40</b> Análisis de varianza entre la variable número de flores pistiladas y número de granos por planta de la var. Amarilla Sacaca. ....	87
<b>Anexo 41</b> Análisis de regresión entre la variable número de flores pistiladas y peso de 1000 granos de la var. Amarilla Sacaca. ....	88
<b>Anexo 42</b> Análisis de varianza entre la variable número de flores pistiladas y peso de 1000 granos de la var. Amarilla Sacaca. ....	88
<b>Anexo 43</b> Gráfica de correlación entre el número de variable flores hermafroditas y rendimiento de la var. INIA Salcedo. ....	89
<b>Anexo 44</b> Gráfica de correlación entre la variable número de flores hermafroditas y número de granos por planta de la var. INIA Salcedo. ....	89
<b>Anexo 45</b> Gráfica de correlación entre la variable número de flores hermafroditas y peso de 1000 granos de la var. INIA Salcedo. ....	90
<b>Anexo 46</b> Gráfica de correlación entre la variable número de flores pistiladas y rendimiento de la var. INIA Salcedo. ....	90
<b>Anexo 47</b> Gráfica de correlación entre la variable número de flores pistiladas y número de granos por planta de la var. INIA Salcedo. ....	91
<b>Anexo 48</b> Gráfica de correlación entre la variable número de flores pistiladas y peso de 1000 granos de la var. INIA Salcedo. ....	91
<b>Anexo 49</b> Gráfica de correlación entre la variable número de flores hermafroditas y rendimiento de la var. INIA 431 Altiplano. ....	92
<b>Anexo 50</b> Gráfica de correlación entre la variable número de flores hermafroditas y número de granos por planta de la var. Altiplano 431. ....	92
<b>Anexo 51</b> Gráfica de correlación entre la variable número de flores hermafroditas y peso de 1000 granos de la var. INIA 431 Altiplano. ....	93
<b>Anexo 52</b> Gráfica de correlación entre la variable número de flores pistiladas y rendimiento de la var. INIA 431 Altiplano. ....	93
<b>Anexo 53</b> Gráfica de correlación entre la variable número de flores pistiladas y número de granos por planta de la var. INIA 431 Altiplano. ....	94
<b>Anexo 54</b> Gráfica de correlación entre la variable número de flores pistiladas y peso de 1000 granos de la var. INIA 431 Altiplano. ....	94
<b>Anexo 55</b> Gráfica de correlación entre la variable número de flores hermafroditas y rendimiento de la var. Rosada de Huancayo. ....	95
<b>Anexo 56</b> Gráfica de correlación entre la variable número de flores hermafroditas y número de granos por planta de la var. Rosada de Huancayo. ....	95
<b>Anexo 57</b> Gráfica de correlación entre la variable número de flores hermafroditas y peso de 1000 granos de la var. Rosada de Huancayo. ....	96
<b>Anexo 58</b> Gráfica de correlación entre la variable número de flores pistiladas y rendimiento de la var. Rosada de Huancayo. ....	96
<b>Anexo 59</b> Gráfica de correlación entre la variable número de flores pistiladas y número de granos por planta de la var. Rosada de Huancayo. ....	97

<b>Anexo 60</b> Gráfica de correlación entre la variable número de flores pistiladas y peso de 1000 granos de la var. Rosada de Huancayo. ....	97
<b>Anexo 61</b> Gráfica de correlación entre la variable número de flores hermafroditas y rendimiento de la var. Amarilla Sacaca. ....	98
<b>Anexo 62</b> Gráfica de correlación entre la variable número de flores hermafroditas y número de granos por planta de la var. Amarilla Sacaca. ....	98
<b>Anexo 63</b> Gráfica de correlación entre la variable número de flores hermafroditas y peso de 1000 granos de la var. Amarilla Sacaca. ....	99
<b>Anexo 64</b> Gráfica de correlación entre la variable número de flores pistiladas y rendimiento de la var. Amarilla Sacaca. ....	99
<b>Anexo 65</b> Gráfica de correlación entre la variable número de flores pistiladas y número de granos por planta de la var. Amarilla Sacaca. ....	100
<b>Anexo 66</b> Gráfica de correlación entre la variable número de flores pistiladas y peso de 1000 granos de la var. Amarilla Sacaca. ....	100
<b>Anexo 67</b> Selección de la Inflorescencia de la var. INIA Salcedo para el contaje de flores, .....	101
<b>Anexo 68</b> Extracción de las hojas de la inflorescencia de la var. INIA Salcedo para el contaje de flores. ....	101
<b>Anexo 69</b> Separación de las ramificaciones de la inflorescencia de la var. INIA Salcedo para el contaje de flores. ....	102
<b>Anexo 70</b> Selección de la Inflorescencia de la var. INIA 431 Altiplano para el contaje de flores. ....	103
<b>Anexo 71</b> Extracción de las hojas de la inflorescencia de la var. INIA 431 Altiplano para el contaje de flores. ....	103
<b>Anexo 72</b> Separación de las ramificaciones de la inflorescencia de la var. INIA 431 Altiplano para el contaje de flores. ....	104
<b>Anexo 73</b> Selección de la Inflorescencia de la var. Rosada de Huancayo para el contaje de flores. ....	105
<b>Anexo 74</b> Extracción de las hojas de la inflorescencia de la var. Rosada de Huancayo para el contaje de flores. ....	105
<b>Anexo 75</b> Separación de las ramificaciones de la inflorescencia de la var. Rosada de Huancayo para el contaje de flores. ....	106
<b>Anexo 76</b> Selección de la Inflorescencia de la var. Amarilla Sacaca para el contaje de flores. ....	107
<b>Anexo 77</b> Extracción de las hojas de la inflorescencia de la var. Amarilla Sacaca para el contaje de flores. ....	107
<b>Anexo 78</b> Separación de las ramificaciones de la inflorescencia de la var. Amarilla Sacaca para el contaje de flores. ....	108
<b>Anexo 79</b> Glomérulos presentes en las ramificaciones laterales de la inflorescencia. ....	109

## RESUMEN

La quinua (*Chenopodium quinoa*) es una especie nativa de la región andina valiosa por su calidad nutritiva y su capacidad de prosperar en condiciones marginales de suelos y clima. El incremento de su demanda y superficie cultivada, en las últimas décadas, muestra la necesidad de mejorar el conocimiento del cultivo en diversos aspectos para lograr desarrollar mejores variedades y tecnologías de cultivo. Uno de los aspectos importantes relacionados con los componentes de rendimiento y el tamaño de los granos (calidad) es la morfología de la inflorescencia o panoja de la quinua. Considerando lo señalado se planteó la presente investigación con los siguientes objetivos: (1) Determinar el tipo de arreglo dicasio en la inflorescencia de las variedades estudiadas y la proporción de flores hermafroditas y pistiladas. (2) Determinar la relación del N° de flores hermafroditas y pistiladas con el rendimiento y componentes del rendimiento de planta. (3) Determinar la variación del tamaño de grano y su relación con el tipo de arreglo dicasio en la inflorescencia. Se emplearon cuatro variedades comerciales de quinua como material genético y se sembraron las parcelas de observación en condiciones de La Molina. Se evaluó: el tipo de arreglo dicasio de las inflorescencias, el número de flores hermafroditas y pistiladas, los componentes de rendimiento (N° de granos / planta y peso de mil granos) y el tamaño de los granos como carácter asociado con la calidad. Los tipos de arreglo dicasio identificados fueron: tipo IX (INIA Salcedo) con una proporción de flores hermafroditas que varía de 78.3 a 98.4% y con la primera rama del dicasio con una flor hermafrodita, y la segunda rama con una flor femenina larga clamídea (perianto compuesto por cáliz). Tipo X (Rosada de Huancayo y Amarilla Sacaca) con un aproximado de 71 a 99.2% de flores hermafroditas sobre el total de flores, con un dicasio dividido 4 veces, con las primeras tres ramas con flores hermafroditas y la cuarta rama con una flor femenina pequeña clamídea. El tipo V (INIA 431 Altiplano) con un rango de 20.4 al 44.9 % de flores femeninas y la primera división del dicasio termina en flores hermafroditas, la segunda y tercera rama lleva una flor femenina larga y pequeña clamídea. Los resultados mostraron valores altos de correlación positiva para número de flores hermafroditas y número de granos/planta iguales a  $r = 0.9941$ ,  $r=0.9775$ ,  $r=0.9764$  y  $r=0.9112$  para Amarilla Sacaca, Rosada de Huancayo, INIA Salcedo y INIA 431 Altiplano; respectivamente. Por otro lado sólo se encontró coeficientes de correlación positiva significativa de N° de flores pistiladas y número de granos / planta para

las variedades INIA Salcedo e INIA 431 Altiplano. El carácter peso de 1000 granos presentó una correlación negativa con el número de flores pistiladas y correlación positiva y negativa con las flores hermafroditas en las variedades estudiadas. Las variedades estudiadas presentan dos tamaños de grano mediano y grande. Predominando los granos medianos en las variedades Rosada de Huancayo (Dicasio tipo X) e INIA Salcedo (Dicasio tipo IX), mientras que los granos grandes predominan en las variedades Amarilla Sacaca (dicasio tipo X) e INIA 431 Altiplano (Dicasio tipo V).

**Palabras clave:** quinua, inflorescencia, arreglo dicasial, flores hermafroditas, flores pistiladas.

## ABSTRACT

Quinoa (*Chenopodium quinoa*) is a native species of the Andean region valuable for its nutritional quality and its ability to thrive in marginal conditions of soils and climate. The increase of its demand and cultivated surface, in the last decades, shows the necessity to improve the knowledge of the crop in diverse aspects to use this information to develop better varieties and crop technologies. One of the important aspects related to the yield components and the size of the grains (quality) is the morphology of the inflorescence or panicle of quinoa. Considering the aforementioned, this research was proposed with the following objectives: (1) Determine the type of dicasial arrangement in the inflorescence of the varieties studied and the proportion of hermaphrodite and pistillate flowers. (2) Determine the ratio of the number of hermaphrodite and pistillate flowers to yield and yield components. (3) Determine the variation of the grain size and its relation with the type of dicasial arrangement in the inflorescence. Four commercial varieties of quinoa were used as genetic material and the observation plots were planted under conditions of La Molina. The following characteristics were evaluated: the type of flower arrangement of the inflorescences, the number of hermaphroditic and pistillate flowers, the yield components (number of grains / plant and thousand grain weight) and the size of the grains as a character associated with the quality. The types of dicasial arrangement identified were: type IX (INIA Salcedo) with a proportion of hermaphrodite flowers that varies from 78.3 to 98.4% and with the first branch of the dicasio with a hermaphrodite flower, and the second branch with a long female flower with a chlamydia (perianth composed of chalice). Type X (Rosada de Huancayo and Amarilla Sacaca) with an approximate 71 to 99.2% of hermaphrodite flowers on the total of flowers, with a dicasio divided 4 times, with the first three branches with hermaphrodite flowers and the fourth branch with a female flower small chlamydia. Type V (INIA 431 Altiplano) with a range of 20.4 to 44.9 %% of female flowers and the first division of the dicasio ends in hermaphrodite flowers, the second and third branch has a long and small chlamydia female flower. The results showed high values of positive correlation for number of hermaphrodite flowers and number of grains / plant equal to  $r = 0.9941$ ,  $r = 0.9775$ ,  $r = 0.9764$  and  $r = 0.9112$  for Amarilla Sacaca, Rosada de Huancayo, INIA Salcedo and INIA 431 Altiplano; respectively. On the other hand, only significant positive correlation coefficients of number of pistillate flowers and number of grains / plant were found for INIA Salcedo and INIA 431

Altiplano varieties. The thousand grains weight presented a negative correlation with the number of pistillate flowers and positive and negative correlation with the hermaphrodite flowers in the varieties studied. The varieties studied have two medium and large grain sizes. Predominating the medium grains in the varieties Rosada de Huancayo (Dicasio type X) and INIA Salcedo (Dicasio type IX), while the large grains predominate in the varieties Amarilla Sacaca (Dicasio type X) and INIA 431 Altiplano (Dicasio type V).

**Key words:** quinoa, inflorescence, dicasial array type, hermaphrodite Flowers, pistillate flowers.

## I. INTRODUCCIÓN

Hace cinco mil años, aproximadamente, la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) fue domesticada por las antiguas civilizaciones que prosperaron en el Perú (Jacobsen, 2003; Mujica, 2004). Se considera que, junto con el maíz, fueron los granos fuente de carbohidratos para la alimentación humana y animal. La quinua fue cultivada en superficies de extensión significativas en los valles interandinos y el altiplano, y el maíz en los pisos costeros y valles interandinos. Se calculan que fueron aproximadamente 400000 has de quinua, donde posteriormente se sembraron los cultivos de cebada, trigo, habas, arvejas y avena, introducidas por los españoles. Actualmente estos cultivos se siembran sobre los 3000 msnm. La introducción de estos nuevos alimentos redujo el área de quinua en forma significativa, especialmente en los valles interandinos, manteniéndose las mayores áreas en el Altiplano; pasando de ser un alimento básico a ser un cultivo sub utilizado

En la década de los 80 se inicia un proceso de revaloración de la quinua, lográndose que la quinua pase de ser un cultivo subutilizado, de subsistencia para los agricultores de la región andina, a ser uno de los cultivos valiosos exportados por las Naciones Andinas de Bolivia y Perú en los últimos 20 años (Jellen et al. 2011) citado por Barghava y Srivastava (2013), debido a su alto valor nutricional, adaptabilidad a diferentes condiciones agroecológicas (plasticidad genética), tolerancia a suelos salinos, resistencia a temperaturas extremas y tolerancia a la sequía. El IICA (2015) reconoce a la quinua como un cultivo importante para la lucha contra el hambre a nivel mundial.

Estas características excepcionales del cultivo, han captado la atención de muchos continentes como África, Asia, Europa y América del Norte. En consecuencia, se ha incrementado la demanda en forma significativa, generando en el Perú un incremento en superficie cultivada y rendimiento a nivel Nacional, lo cual puede ser observado en las datas históricas del cultivo publicadas por el MINAGRI (2017).

Si bien el rendimiento se ha incrementado, principalmente por la siembra de quinua en condiciones óptimas de clima-suelo y el uso de tecnologías con empleo de alta cantidad de insumos, especialmente en zonas como la costa peruana, ésta requiere elevarse aún más, pero

nos encontramos ante un escenario donde la expansión agrícola en el Perú es limitada, puesto que numerosas hectáreas de buena calidad son destinadas a cultivos tradicionales de exportación.

Una alternativa para incrementar el rendimiento per se, es modificando la morfología de la planta, especialmente los órganos productivos como son la inflorescencia, las flores y la biología floral relacionados con los componentes de rendimiento; para lo cual deben ser apropiadamente estudiados, en base a lo señalado se plantean los siguientes objetivos:

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

- Contribuir al conocimiento de la morfología de la Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) y su relación con el rendimiento y la calidad, para su uso en programas de mejoramiento genético y el desarrollo de nuevas variedades, que contribuyan al desarrollo sostenible de este cultivo.

### **Objetivos específicos:**

- Determinar el tipo de arreglo dicásial en la inflorescencia de las variedades estudiadas y la proporción de flores hermafroditas y pistiladas de cuatro variedades comerciales de quinua.
- Determinar la relación del N° de flores hermafroditas y pistiladas con el rendimiento y componentes del rendimiento de planta.
- Determinar la variación del tamaño de grano y su relación con el tipo de arreglo dicásial en la inflorescencia.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. La región andina y la quinua:

La Región Andina posee una superficie de 2 millones de kilómetros cuadrados y se extiende desde el sur de Venezuela hasta el norte de Argentina y Chile, e incluye a Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia (Izquierdo y Roca, 1998) citado por Barghava y Srivastava (2013). Si bien en la antigüedad la quinua se cultivó ampliamente desde Colombia hasta el sur de Chile (incluyendo los Andes argentinos), su historia tiene pocas evidencias arqueológicas, lingüísticas y etnográficas, pues no se conocen muchos ritos religiosos asociados al uso del grano (IICA, 2015). Las evidencias encontradas en el departamento de Ayacucho, en el Perú, indicarían que su domesticación ocurrió 5000 años antes de Cristo, comprobándose durante este proceso la variación de semillas de color oscuro a blanco (Ugent y Ochoa, 2006; citados por Tapia, 2014); asimismo, existen hallazgos arqueológicos encontrados en sepulturas indígenas en diferentes regiones del Perú y Chile, con abundante cantidad de semillas e inflorescencias y en la cerámica de la cultura Tiahuanaco (Perú), en la que se representa a la planta de quinua con varias panojas distribuidas a lo largo del tallo, lo que mostraría a una de las razas más primitivas (Mujica, 1993; citado por Estrada, et al., 2014).

La quinua ha sido un importante alimento de grano en la región de los Andes desde hace 3000 A.C. y ocupó un importante lugar en el Imperio de los Incas después del maíz (Tapia, 1982; Cusack, 1984). Este contexto fue desapareciendo con la llegada de los españoles en el año 1532, debido a que ellos introdujeron el trigo, cebada, habas y arvejas y estos cultivos llamaron la atención de los pobladores y empezaron a cultivarlos dejando de lado la quinua total o parcialmente en diferentes valles interandinos; manteniéndose el cultivo en el Altiplano Peruano-Boliviano.

Esta región se caracteriza por poseer una gran variedad de suelos, climas, especies vegetales y animales, sistemas de cultivo, usos, cultura y otros, que se encuentran en constante interacción y dieron lugar por ejemplo, en la quinua, a cinco grupos ecológicos que prosperan en diversos climas, suelos de diferentes dotación de agua, etc., y que han desarrollado una serie de mecanismos que le permiten establecerse

en condiciones marginales (sequías, heladas, salinidad, entre otras) y tener características deseables: alto contenido de proteínas, vitaminas y almidón, alto rendimiento e importantes propiedades medicinales, variación de origen genético necesaria a considerar en el mejoramiento genético de la quinua (Izquiero y Roca, 1998). El pool genético presente en la región andina constituye un elemento esencial en el trabajo de mejoramiento genético del cultivo de la quinua.

En el Perú, son ocho los bancos de germoplasma donde se conservan 6302 accesiones de quinua, y se encuentran en las Estaciones Experimentales del INIA, en Illpa (Puno-Banco Nacional), Andenes (Cusco), Canaán (Ayacucho), Santa Ana (Huancayo), Baños del Inca (Cajamarca), y en la Universidad Agraria La Molina de Lima, la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, y la Universidad Nacional del Altiplano de Puno. Las colecciones con el mayor número de accesiones son: la Universidad Nacional Agraria La Molina, la Universidad Nacional del Altiplano y el INIA Puno con 2089, 1910 y 1029 accesiones, respectivamente (FAO, 2013).

## **2.2. Importancia agrícola de la quinua en el Perú**

Para poder comprender los sistemas de producción de la quinua, es necesario tener en cuenta que es un cultivo con alta capacidad adaptativa y de amplia distribución, debido a que las zonas agroecológicas donde se cultivan, poseen diversas condiciones de clima y suelo. En el Perú se cultiva desde el nivel del mar hasta los 4000 msnm, estando la mayor área de producción entre los 2500-3900 metros de altitud, en microclimas diversos, pero, en general, en un clima templado a frío con heladas frecuentes y una alta dependencia de las precipitaciones (FAO, 2013).

Por tal motivo, autores como Mujica y Canahua (1989) mencionan que la quinua es uno de los cultivos con mayor plasticidad genética, lo que ha permitido que se cultive asociado con maíz en las zonas Quechua (2500-3500 msnm), como cultivo de rotación con el cultivo de la papa, entre otros en la zona Suni (3600-3800 msnm), y como monocultivo en las zonas más altas de los Andes alrededor del Lago Titicaca (3810 msnm), en el propio Altiplano (3900 m), y en los salares del sur de

Bolivia (3600 msnm). Esta importante evidencia respecto a la distribución que posee la quinua, refleja su gran adaptabilidad a diversos agroecosistemas.

En la región Andina se encuentran los principales países productores de quinua: Bolivia, Perú y Ecuador, quienes en el año 2014 reportan superficies de 173,960, 68,037 y 1,230 has cosechadas respectivamente (FAOSTAT 2016). La tendencia de aumentar la superficie cosechada se ha mantenido; es así que en el 2015 se reporta que en el Perú existen 71,000 has, con una producción de 120,000 t y un rendimiento de 1.68 t/ha. (MINAGRI, 2015), debido a que este cultivo está adquiriendo mayor posicionamiento en la cédula de cultivo de muchas regiones por su potencial de rendimiento, calidad nutritiva, buenos precios y demanda creciente. Considerando su valor nutritivo y su gran rango de adaptación y su valor agronómico, dada por su tolerancia a la sequía y las sales, se considera una alternativa importante para contribuir a la seguridad alimentaria y enfrentar el cambio climático (FAO, 2011).

### **2.3. Botánica y descripción de la planta**

#### **a) Raíz**

La raíz es pivotante, con abundante ramificación y múltiples raicillas delgadas, que se extienden rápidamente después que el tallo empieza a ramificarse, facilitando la absorción de agua y nutrientes. La raíz sirve de sostén a la planta, permitiendo mantener el peso de la panoja. (Mujica, et. al., 1997)

La germinación de la quinua se da en un estado de humedad adecuada; se inicia con el alargamiento de la radícula, lo que da lugar a la presencia de la raíz pivotante de estructura fornida, que puede llegar hasta los 30 cm de profundidad. Unos centímetros abajo del cuello, empieza a ramificarse, presentando raíces secundarias, terciarias, y demás sub-ramificaciones, de las cuales salen las raicillas que también se ramifican en varias partes. Algunas raicillas son excesivamente tenues y largas, como un cabello de más de 5 cm de longitud (Berdugo, 2014 y Gómez Aguilar, 2016)

La profundidad y la ramificación del sistema radicular puede ser una de las razones por las que tiene un alto grado de resistencia a las sequías. (Gandarillas, 1979c; citado por Jacobsen y Stollen, 1993)

#### **b) Tallo**

El tallo es cilíndrico y anguloso, con gruesas estrías longitudinales que le dan una apariencia acanalada; alcanza de 0.4 a 3 m de longitud, el grosor disminuye de la base al ápice, presenta diferentes coloraciones que generalmente coincide con el color de las hojas. El número de ramificaciones es dependiente de la densidad de población en la que se encuentra el cultivo. (Mujica, et. al., 1997)

#### **c) Ramas**

Las ramas se originan de las axilas de cada hoja en el tallo. Su longitud puede variar desde sólo unos pocos centímetros hasta alcanzar la misma longitud que el tallo principal, esta característica dependerá del cultivar y las condiciones medio ambientales. Los dos tipos son clasificados como simple (ramas cortas) y ramificado (Jacobsen y Stollen, 1993)

#### **d) Hojas**

Los pecioloos son largos, finos y surcados. La hoja inferior es romboidal o triangular, mientras que las hojas superiores son triangulares o lanceoladas. Según Ochoa y Peralta (1988) citados por Jacobsen y Stollen (1993), quien evaluó un vasto número de accesiones, las hojas inferiores triangulares son más frecuentes que las romboidales y las hojas superiores lanceoladas son totalmente dominantes.

### **2.3.1. Caracteres florales**

Las características florales más importantes para la clasificación de la quinua son el tipo de inflorescencia y tamaño y el color de la semilla. (Jacobsen y Stollen, 1993)

### **a) La inflorescencia**

La inflorescencia es una panoja que, es ramificada, con una longitud de 15-70 cm. Se forma en la parte terminal del tallo principal o puede hacerlo en las axilas de hojas, en algunas formas mayormente silvestres (Bhargava et al., 2007). Cuando la inflorescencia derivada del tallo principal es prominente y se distingue del resto de inflorescencias axilares, se la denomina terminal (Jacobsen y Stolen, 1993).

La inflorescencia tiene un eje principal del cual crecen ejes o ramas secundarias y terciarias. (Bhargava et al., 2007). Según Jacobsen (1993) y Bertero (1996) la inflorescencia de la quinua es de dos tipos: amarantiforme, en el que cada glomérulo está insertado directamente en los ejes de segundo orden (eje secundario) y glomeruladas, en el que cada glomérulo está insertado en el eje terciario. Según Mujica et al. (1997), las inflorescencias de la quinua son clasificadas como amarantiformes, glomeruladas e intermedias, en función a la distribución de los glomérulos en los ejes de la inflorescencia.

La inflorescencia de ambos tipos puede ser menos o más compacta; dependiendo de la longitud de los ejes secundarios, terciarios y pedicelos; las inflorescencias compactas tienen ejes y pedicelos cortos (Jacobsen y Stolen, 1993).

Generalmente se encuentran 50 glomérulos en una inflorescencia y cada glomérulo está conformado por 18 a 20 flores aproximadamente.

### **b) Flores y tipos de flor:**

La quinua es una planta ginomonoica, es decir se caracteriza por la presencia flores hermafroditas y flores femeninas en la misma inflorescencia (Hunziker, 1943; Simmonds, 1965; Risi y Galwey, 1984; Bhargava et al., 2007). Mujica (et. al., 2001) señala que se han encontrado tres tipos de flores en la quinua: hermafroditas, pistiladas y androestériles. El porcentaje de cada tipo de flor varía según los genotipos, habiendo casos en los que presentan solo flores

pistiladas. Rea (1969) citado por Gandarillas (1979) hizo observaciones detalladas sobre el porcentaje de diferentes tipos de flores en la misma panoja, clasificando el material estudiado en tres grupos principales: 1) Predominio de flores femeninas y presencia de androestériles; 2) Predominio de flores hermafroditas, e 3) Intermedias entre femeninas y hermafroditas en porcentajes variables.

La flor de la quinua es imperfecta, no tiene pétalos sólo tiene sépalos, denominado perigonio sepaloide (Bhargava y Srivastava, 2013). Las flores hermafroditas tienen 5 sépalos, 5 anteras y un ovario superior del cual emergen 2 ó 3 estigmas (Hunziker, 1943) citado por Bhargava y Srivastava (2013), pero Bertero et al., (1996) observó 4 estigmas en el primordio gineceo. Sin embargo, a la antesis hay sólo 3 estigmas presentes, ya que el otro es abortado (Bertero et al., 1996) citado por Bhargava y Srivastava (2013). Las flores pistiladas tienen cinco sépalos y un ovario superior, siendo más pequeñas que las hermafroditas.

Las flores pueden ser divididas en cinco tipos, basados en su hermafroditismo o ginoicismo, presencia o ausencia de perianto y tamaño; según Bhargava y Srivastava (2013):

- Flor terminal hermafrodita: Esta es la flor terminal, 2 mm de ancho, presente en el eje principal e inflorescencia axilar, y en cada racimo o grupo de flores en la inflorescencia.
- Flor hermafrodita lateral: Están dispersadas entre las flores femeninas y están presentes en la parte terminal de la primera, segunda e incluso la tercera ramificación del dicasio (inflorescencia cimosa en la que, por debajo del eje principal, el cual termina en una flor, se desarrollan dos ramitas laterales también terminadas en flor). Este tipo tiene usualmente perianto pentámero y estambres.
- Flores grandes femeninas clamídeas: Estas tienen un perianto pentámero, pero no tiene estambres y son justo la mitad del tamaño (1 mm) de las flores hermafroditas.

- Flores pequeñas femeninas clamídeas: Estas se encuentran en la última rama del dicasio. Estos son morfológicamente similares a las flores del tipo III, excepto por su tamaño pequeño (0.5 mm).
- Flores pequeñas aclamídeas (flores aperiantadas, aclamídeas o desnudas o sin perianto): Son flores desnudas sin perianto y están presentes en la última rama del dicasio.

**c) Racimo floral o glomérulos:**

En quinua, los glomérulos nacen de manera opuesta en el eje terciario de la inflorescencia y exhibe un arreglo dicasial de flores (Bhargava et al., 2007). La posición del racimo en el eje determina su tamaño, número y proporción de diferentes tipos de flores. Esto puede ser dividido en 10 tipos dependiendo del número de divisiones del dicasio, del tipo y número de flores en las siguientes ramas; según Bhargava et al. (2007):

- Tipo I: La flor inicial en cada racimo es bisexual (hermafrodita) (7.7%) y el resto son todas femeninas (pistiladas). La primera y segunda rama del dicasio finaliza en flores largas femeninas clamídeas. Mientras que la tercera y cuarta rama lleva una flor femenina pequeña clamídea y aclamídea respectivamente.
- Tipo II: La inicial y la primera rama del dicasio termina en flores bisexuales (10.6%). La segunda rama lleva flores largas femeninas clamídeas, mientras que la tercera y la cuarta rama llevan flores femeninas clamídeas pequeñas.
- Tipo III: Esta categoría muestra 11.1 % de flores bisexuales y difiere de la anterior en solo la cuarta rama que lleva flores pequeñas femeninas aclamídeas.
- Tipo IV: El dicasio está dividido cinco veces y presenta 12.5% de flores bisexuales. La primera y segunda rama lleva flores bisexuales, la tercera

rama lleva flores largas femeninas, mientras que la cuarta y quinta rama lleva flores femeninas aclamídeas.

- Tipo V: Este tipo de flor posee 21.7% de flores femeninas en la inflorescencia. En todas estas accesiones, la primera división del dicasio termina en flores bisexuales, mientras que la segunda y tercera rama lleva una flor femenina clamídea larga y pequeña respectivamente.
- Tipo VI: Este tipo difiere del tipo V en que solo la tercera rama lleva flores pequeñas femeninas aclamídeas.
- Tipo VII: Este tipo posee 20.0% de flores bisexuales, mientras que el dicasio se divide solo dos veces. La primera y segunda rama lleva flores femeninas clamídeas largas y pequeñas respectivamente.
- Tipo VIII: Este tipo difiere del tipo VII en que solo la segunda rama lleva flores femeninas pequeñas aclamídeas.
- Tipo IX: Este tipo muestra 46.6% de flores bisexuales y el dicasio se divide dos veces. La primera rama lleva una flor bisexual, mientras que la segunda rama lleva una flor femenina larga clamídea.
- Tipo X: Este tipo muestra un 48.9% de flores bisexuales, mientras que el dicasio se divide 4 veces. Las primeras tres ramas llevan flores bisexuales, mientras que la cuarta rama lleva una flor femenina pequeña clamídea.

#### **d) Fruto**

El fruto es un aquenio cubierto por el perigonio, del que se desprende con facilidad al frotarlo cuando está seco (Gandarillas, 1979). El aquenio deriva de un ovario supero unilocular y de simetría dorsiventral, tiene forma cilíndrico-lenticular, levemente ensanchado hacia el centro. En la zona ventral del aquenio se observa una cicatriz que es la inserción del fruto en el receptáculo floral, está constituido por el perigonio que envuelve a la semilla por completo y contiene una sola semilla (Izquierda y Mujica, 1988).

El color del fruto está asociado con el color del perigonio y de la planta, donde resulta que puede ser verde, purpura o rojo. En estado maduro el perigonio tiene

forma estrellada, por la quilla que presenta los cinco sépalos. La semilla está envuelta por el episperma en forma de una membrana delgada. El embrión está formado por los cotiledones y la radícula; constituyendo la mayor parte de la semilla que envuelve al perisperma como un anillo (Gandarillas, 1979).

#### **2.4. Biología floral**

En los glomérulos, la floración se inicia en la parte apical y sigue hasta la base. En cada parte del glomérulo se abren primero las flores hermafroditas y después las femeninas. Cada flor está abierta de 5 a 13 días. A partir de la apertura de la primera flor, las demás flores se abren dentro de 15 días. Así, la fase total de floración de una panoja se demora 3 a 4 semanas. La máxima intensidad de la floración en días de sol se presenta entre las 10.00 a.m. hasta 14.00 p.m., cuando 25 % a 40 % de flores están abiertas y cuando hay una fuerte radiación solar. Una floración de mínima intensidad se da en horas de lluvia. El pistilo es receptivo durante 2 horas. (León, 2003).

Se consideró que la quinua es una planta de fecundación cruzada como el maíz (Ochoa, 1945; citado por Gandarillas, 1979).

La quinua puede presentar autopolinización y polinización cruzada. El grado de polinización cruzada puede variar en diferentes ambientes, pero en numerosos experimentos se ha encontrado que es menor que el 10%. (Jacobsen y Stollen, 1993)

#### **2.5. Ginoicismo**

Ginomonocismo es un sistema sexual en el que flores femeninas y hermafroditas ocurren en la misma planta (Bertin y Kerwin, 1998).

Existen algunos trabajos que estiman y explican en cierto grado la ocurrencia de este sistema floral y cómo se distribuyen geográficamente. Yampolsky (1992) citado por Bertin y Kerwin (1998), estima que un 2.8% de plantas son ginomonocicas, siendo especialmente abundante en la familia Asteraceae.

Los beneficios adaptativos de las especies ginomonocicas no son claros, pero una posibilidad, es que la presencia de flores femeninas, así como hermafroditas, permiten una gran flexibilidad fenotípica en cómo los individuos asignan sus

recursos a las funciones reproductivas masculinas, versus las funciones reproductivas femeninas (Avisé, 1893). Bertin y Kerwin (1998) mencionan que la presencia de estos dos tipos de flores permite una flexibilidad en la asignación de recursos a las funciones de reproducción masculina y femenina, en respuesta a variaciones en los factores medio ambientales, o en factores internos como la edad de la planta, tamaño o estado fisiológico.

Debido a que las especies ginomonoicas responden a variaciones de los factores ambientales, es importante tener en cuenta que la asignación de recursos que provee el agroecosistema para que la planta pueda llevar a cabo cada una de sus reacciones metabólicas, también estará sujeta a cambios que se dan a corto y largo plazo en el ambiente, es decir, cuando existe situaciones de estrés hídrico, térmico, nutricional, etc., tal como mencionan Dorken y Barrett (2003) citados por Perl-Treves y Anand (s.f.) las relaciones de sexos en la planta difiere de acuerdo a la edad de la planta, provisión de nutrientes y profundidad de agua.

La variabilidad en las relaciones de las diferentes flores puede ocurrir en diferentes circunstancias. Bertin y Kerwin (1998) menciona tres argumentos que explican las posibles causas que la originan:

- Diferencias en las proporciones florales pueden ocurrir en plantas expuestas a diferentes condiciones ambientales, involucrando luz, nutrientes, o agua.
- Las relaciones florales pueden diferir en plantas de diferentes tamaños.
- Un tercer patrón observado es la relativa frecuencia de los tipos de flores en diferentes partes de la planta.

A pesar de los trabajos realizados en este tema, existe poca información respecto a la variabilidad de la frecuencia de flores pistiladas y hermafroditas, de hecho, numerosas revisiones han notado la falta de información en los patrones de variabilidad en las frecuencias relativas de los dos tipos de flores en especies ginomonoicas (Willson, 1983; Bertin, 1989; citado por Bertin y Kerwin, 1998). Por tal motivo, se requiere mayor profundización para comprender los factores externos

e internos que influyen en la emergencia de flores pistiladas y hermafroditas, y sus respectivas ventajas que derivan de este sistema sexual.

## **2.6. Coloración**

La quinua es una especie anual, herbácea arbustiva, de diversos colores, que van del verde al morado o púrpura con distintas coloraciones intermedias. Plantas verdes se vuelven blancas, amarillas, anaranjadas o rojas a la madurez; plantas púrpuras pueden presentar el color amarillo o permanecer moradas a la madurez, mientras que plantas rojas permanecen con el mismo color a lo largo de toda su vida. La variabilidad en la coloración de las plantas y de la parte superior de la misma, se debe a que existe un amplio espectro de colores presentes en los órganos vegetativos y en el perigonio. El pericarpio también presenta un amplio rango de colores que van desde el blanco, amarillo, anaranjado y rojo, hasta el color marrón y negro. Especies silvestres a menudo tienen pericarpios negros. (Jacobsen y Stollen, 1993)

## **2.7. Fenología**

Según Gómez y Aguilar (2016) las fases fenológicas son las siguientes:

### **Germinación**

Las semillas de quinua en condiciones adecuadas de humedad, oxígeno y temperatura pueden germinar muy rápidamente. El agua es esencial para la iniciación del proceso y el mantenimiento de un metabolismo apropiado. Las temperaturas del suelo son igualmente importantes para la iniciación del proceso. La primera estructura en emerger es la radícula la cual se alarga hacia abajo dentro del suelo y da inicio a la formación del sistema radicular. El hipocotilo sale de la semilla y crece hacia arriba y atraviesa el suelo o emerge llevando los cotiledones que se abren y se tornan verdes iniciando el proceso de fotosíntesis.

En este estado puede haber daños de pájaros y podredumbre radicular. Se considera una fase crítica ya que es afectado por los estreses de agua y temperatura.

### **Desarrollo vegetativo**

Se inicia con la aparición, entre las dos hojas cotiledonales, de la primera y segunda hoja verdadera; las cuales crecen y se expanden en direcciones opuestas simétricas y perpendiculares a los cotiledones que aún permanecen verdes. Se observan los

primordios de la tercera y cuarta hojas en el ápice de crecimiento; antes de que las dos primeras hojas se hayan expandido totalmente, una vez formada la quinta hoja verdadera se observa la formación de yemas en las axilas de las primeras hojas. Alrededor de esta etapa se observa el desprendimiento de las hojas cotiledonales. El crecimiento y desarrollo de hojas sigue este patrón simétrico descrito. En el estado de 10 pares de hojas verdaderas, las yemas axilares de las primeras hojas empiezan a formar las ramas y la planta pierde su simetría en la disposición de las hojas.

Se puede observar en general en el ápice de crecimiento, la formación del primordio floral. En algunos genotipos, el crecimiento es notoriamente más rápido en esta fase, lo que le da ventaja en la competencia de malezas.

Los principales problemas durante el desarrollo vegetativo son el ataque de gusanos de suelo o cortadores de plantas tiernas (*Copitarsia sp*, *Feltia sp*) e insectos de hojas (*Epitrix sp*, *Diabrotica sp*, *Empoasca sp* y otros), además de mildiu y la competencia con malezas.

### **Ramificación**

La ramificación se inicia con plantas con cinco pares de hojas verdaderas, por lo que se superpone con el desarrollo vegetativo y el desarrollo de botón floral. Las yemas formadas en las axilas de las primeras hojas se activan en forma secuencial; iniciándose con la yema axilar de la primera hoja y así sucesivamente. 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 consumen las hojas como hortaliza.

En esta etapa el área foliar se incrementa significativamente y se puede tener problemas con insectos de hojas y enfermedades foliares como el mildiu.

### **Desarrollo del botón floral.**

Esta fase fenológica se superpone con la fase de desarrollo vegetativo y con la fase de ramificación y es muy rápida. Es fácilmente reconocible por la aparición del primordio o botón floral en el ápice de la planta; se observa como una estructura compacta protegida por hojas y cubierta por la pubescencia granular vesicular rica

en oxalato de calcio. Se hace evidente, alrededor del estado de 5 pares de hojas. Se describe considerando el tamaño del primordio floral, desde su aparición, hasta la formación de una estructura piramidal que señala el inicio de la formación de la inflorescencia.

### **Desarrollo de la inflorescencia o panoja**

Esta fase comprende la formación y crecimiento de la inflorescencia; la estructura piramidal o cónica formada por los primordios de glomérulos empieza a elongarse, haciéndose evidente la formación del eje principal, eje secundario y terciario y el desarrollo de los primordios de glomérulos y la formación de hojas típicas de la inflorescencia, tomando la forma típica de cada tipo de inflorescencia. Se forman las flores y las estructuras reproductivas. La inflorescencia se encuentra cubierta por pubescencia vesicular granular rica en oxalato de calcio, con tonos blancos, rosados y púrpuras que contribuyen a la coloración propia de la inflorescencia de cada variedad. En forma similar se desarrollan las inflorescencias en las ramificaciones del tallo.

La longitud de la inflorescencia depende del genotipo y del medio ambiente y varía de 15 a 70 cm.

Es a partir de esta fase fenológica que se observa el inicio de defoliación en la base de la planta. En esta fase ocurre el ataque de mildiu, el complejo *Eurysacca* y otros insectos que dañan a la inflorescencia.

### **Floración**

Esta fase se inicia con la apertura de las flores. Las flores hermafroditas y las pistiladas se abren al mismo tiempo y pueden observarse a simple vista, especialmente las flores hermafroditas con anteras amarillas intensas y brillantes. La apertura de las flores, en algunas variedades, se inicia en la flor hermafrodita del ápice del glomérulo y las flores localizadas en diferentes partes del glomérulo, en cualquier parte de la inflorescencia. En otras variedades las flores se abren simultáneamente en diferentes glomérulos a lo largo de toda la panoja. La floración en las panojas de las ramas puede iniciarse durante el periodo de floración de la inflorescencia principal y puede durar más que en la principal. Las flores

permanecen abiertas durante 5 a 7 días en promedio y, la máxima apertura, ocurre entre las 10 A.M. a las 2:00 P.M.

En general existe asincronía en la floración, que es un mecanismo importante para tolerar temperaturas extremas durante la floración y asegurar que parte de la inflorescencia pueda tener flores viables. En la misma panoja, la floración puede durar de 12 a 15 días. La duración de la floración es variable, en algunas variedades es corta y en otras puede tomar más tiempo.

En esta fase el color de las panojas se intensifica, la defoliación de hojas de la base continúa y el cultivo es bastante sensible a las temperaturas extremas y a las sequías.

### **Antesis**

Esta fase se superpone con la de la floración. Es la fase de liberación de polen por las flores hermafroditas. Las flores hermafroditas producen abundante polen y se ha observado mucha presencia de insectos, probablemente polinizadores. También el polen es distribuido por el viento. Se calcula una polinización cruzada de alrededor del 17%.

Este estado finaliza con la muerte de las anteras y el cierre del perigonio sepaloide y la eliminación de hojas en la base de la planta.

Esta fase es muy sensible a las temperaturas extremas y al ataque del complejo *Eurysacca* y el complejo de chinches (*Liorrhysus hyalinus*, *Dagbertus nr fasciatus*, *Dagbertus sp*, *Nysius simulans*).

### **Fruto crecimiento y estado acuoso**

Después de la fecundación, los frutos formados empiezan a crecer y desarrollar. El crecimiento se evalúa considerando el tamaño y la proporción ocupada dentro del espacio formado por el perigonio sepaloide en 25%, 50%, 75% y 100%. Durante esta fase de crecimiento del grano, estos están llenos de una sustancia acuosa por lo que se denomina a esta fase, “estado acuoso”. Se puede observar la formación de las partes constitutivas de la semilla, principalmente el de los cotiledones. La duración de este periodo es variable dependiendo de la variedad y del medio ambiente.

A nivel de planta se observa la defoliación de hojas en la base de la planta y el cambio de intensidad de color de las inflorescencias.

### **Fruto en estado lechoso**

Esta fase se superpone con la del estado acuoso. Los granos formados y con un 100% de su tamaño empiezan a recibir fotosintatos de las hojas y partes verdes de las inflorescencias; la sustancia acuosa es reemplazada con una sustancia lechosa. El color del fruto se diferencia al del perigonio sepaloide o envolturas florales y al de los ejes de la inflorescencia. El perigonio sepaloide se va abriendo a medida que el grano va engrosando, notándose los cinco tépalos separados, con apariencia de una estrella y donde se puede distinguir el color del pericarpio. En este estado se aprecia que el tercio superior de hojas están verdes, en plena actividad fotosintética y que los 2/3 inferiores están empezando a decolorarse o en proceso de senescencia.

En esta fase, el ataque del complejo *Eurysacca* y el complejo de chinches (*Liorrhysus hyalinus*, *Dagbertus nr fasciatus*, *Dagbertus sp*, *Nysius simulans*) en las panojas pueden causar daños considerables, así mismo, el déficit de humedad, temperaturas extremas pueden afectar significativamente el rendimiento.

### **Fruto en estado masoso**

Los frutos al ser presionados presentan una consistencia pastosa de color blanco con apariencia de masa, con una humedad aproximada de 45%. En esta fase la planta alcanza la madurez fisiológica.

Se inicia un proceso de pérdida de humedad de los granos y la planta, hasta alcanzar la madurez de cosecha. Los frutos secos con una humedad aproximada de 20% pueden partirse fácilmente con la uña (estado rayable con la uña) y los granos con 12- 14% de humedad requieren ser partidos con los dientes (estado frágil bajo el diente). Estos porcentajes de humedad en los granos de quinua son similares a las observadas en los frutos de cereales.

## **2.8. Componentes de rendimiento de especies productoras de grano**

El rendimiento fue descrito por Grafius (1964) citado por Barriga (1974) como el volumen de un cubo en el cual el número de espigas por unidad de superficie, el número de granos por espiga y el peso de los granos, constituyen las aristas del cubo.

Un incremento en cualquiera de los tres componentes determinará un aumento del rendimiento siempre y cuando no haya una disminución correspondiente en los otros dos. Barriga (1974) emplea el método de "análisis de causa y efecto" definido por Dewey y Lu (1959) como un coeficiente parcial de regresión estandarizado, que mide la influencia directa de una variable sobre otra y permite la división de los coeficientes de correlación en efectos directos e indirectos.

El rendimiento es evidentemente un carácter complejo, ya que es el producto de una serie de factores, que actúan aditivamente o interaccionando entre ellos de naturaleza genética y del medio ambiente. El conocimiento de la cantidad con que cada característica de la planta contribuye en el rendimiento, su variabilidad genética y sus relaciones de heredabilidad son factores propios de las plantas. Por otro lado el manejo agronómico eficiente que, determine una máxima expresividad del cultivo son factores medio ambientales (Telleria y Ballón, 1976).

### **2.8.1. Fisiología del cultivo y mejora del rendimiento**

El crecimiento del cultivo y el rendimiento, pueden ser estudiados en varios niveles de complejidad, desde la comunidad vegetal hasta el nivel molecular (Thornely, 1980; citado por Egli, 2017). La evaluación de cada uno de estos niveles y sus relaciones en condiciones de campo, permitirán explicar los procesos metabólicos previos al rendimiento. Muchos factores importantes a evaluar son características del nivel de comunidad o de la población de plantas, tales como el índice de área foliar e interceptación de la radiación foliar. Otras características como tipo de fotosíntesis C3 o C4, disposición de la hojas son caracteres del nivel de planta individual (Egli, 2017). Todas las características son útiles para poder entender los procesos dentro de la planta y cómo estas características interactúan con el agroecosistema.

### **2.8.2. La semilla: Un componente integral del proceso de producción del rendimiento**

La semilla es un factor fundamental dentro del proceso de producción de rendimiento y debe ser considerada como un componente crítico, en un sistema

de cultivo de granos (Egli, 2017). Las características de las semillas deben ser consideradas en las investigaciones que incluyen las relaciones existentes entre los componentes de rendimiento y el rendimiento total obtenido.

#### **2.8.2.1. Tasa de crecimiento de la semilla y duración del llenado de grano**

Las semillas cosechadas que dan lugar al rendimiento económico, en los cultivos de grano, tiene dos componentes: una tasa de crecimiento (Tasa de Crecimiento de la Semilla, TCS) y un componente de tiempo (Duración de llenado de grano, DLLG) (Egli, 2017).

El estudio de ambos componentes en el proceso de crecimiento de la semilla, permite entender mejor cómo el factor ambiental y genético influye en la cantidad y tamaño final de la semilla.

Es importante tener en cuenta que las medidas de los parámetros anteriormente mencionados se pueden realizar en el nivel de comunidad y en el nivel de una sola planta; por tal motivo, la medición es distinta; es decir, en el primer caso es una medición mucho más compleja porque está influenciada por diversos factores que forman parte de la comunidad (las características de las plantas y la productividad del medio ambiente, así como las características de la semilla), mientras que la evaluación de TCS en el nivel de una sola planta sólo es afectada por las características de las semillas.

El parámetro DLLG también puede ser estimado en el nivel de comunidad o en el nivel de semilla individual. Egli (2017) menciona que la estimación en el nivel de comunidad, puede estar influenciada por la variación de los estados de desarrollo de las especies, y la uniformidad de la floración. La DLLG también está relacionada a la manera como las semillas nacen en la planta (frutos en nudos individuales, semillas en una panícula, una inflorescencia compacta en la parte superior o en la mitad del tallo) y por lo tanto difiere de las estimaciones realizadas en el nivel de una sola semilla.

### **2.8.3. Componentes del rendimiento-regulados por la semilla**

Dividir el rendimiento, en sus componentes, es esencial para el entendimiento del proceso involucrado en la producción del rendimiento (Egli, 2017). Para el caso de cultivos de granos es importante que la semilla esté involucrada en los parámetros de estimación de los componentes de rendimiento; además, se debe tener en cuenta las estructuras morfológicas que la sostienen hasta el momento en que alcanzan la madurez fisiológica. Egli (2017) afirma que es necesario considerar las flores y semillas en la evaluación del rendimiento en el nivel fisiológico.

#### **a) Componentes de rendimiento-cantidad de semillas por área y tamaño de la semilla**

El rendimiento es el resultado directo del número de semillas por unidad de área y el peso las semillas (tamaño de semilla) (Egli, 2017).

- **Componentes del rendimiento y el desarrollo de la planta**

El rendimiento de un cultivo es el producto de muchos factores relacionados con la planta misma, con actividades llevadas a cabo por el hombre y por un conjunto de factores ambientales que condicionan las actividades agrícolas. La integración de estos procesos a lo largo del tiempo crean numerosas interacciones entre el estado de desarrollo y el ambiente, incrementando la complejidad del proceso de producción del rendimiento (Egli, 2017).

Adams (1967) citado por Egli (2017), en su trabajo con componentes de rendimiento, enfatizó la producción secuencial de los componentes individuales y después Murata (1969) tomó el concepto secuencial y dividió la producción del rendimiento en tres fases:

- **Primera fase: Formación de órganos responsables de la absorción de nutrientes y fotosíntesis**

En esta etapa se llega a formar cada una de las estructuras, que serán las responsables de llevar a cabo el proceso de fotosíntesis. Las estructuras vegetativas formadas durante esta etapa deberán captar más del 95% de la radiación solar.

- **Segunda fase: Formación de órganos florales y contenedores del rendimiento**

En esta etapa se lleva a cabo la floración, polinización y el desarrollo de los estados iniciales del crecimiento de la semilla, y es el período donde el componente de número de semillas es determinado (Egli, 2017).

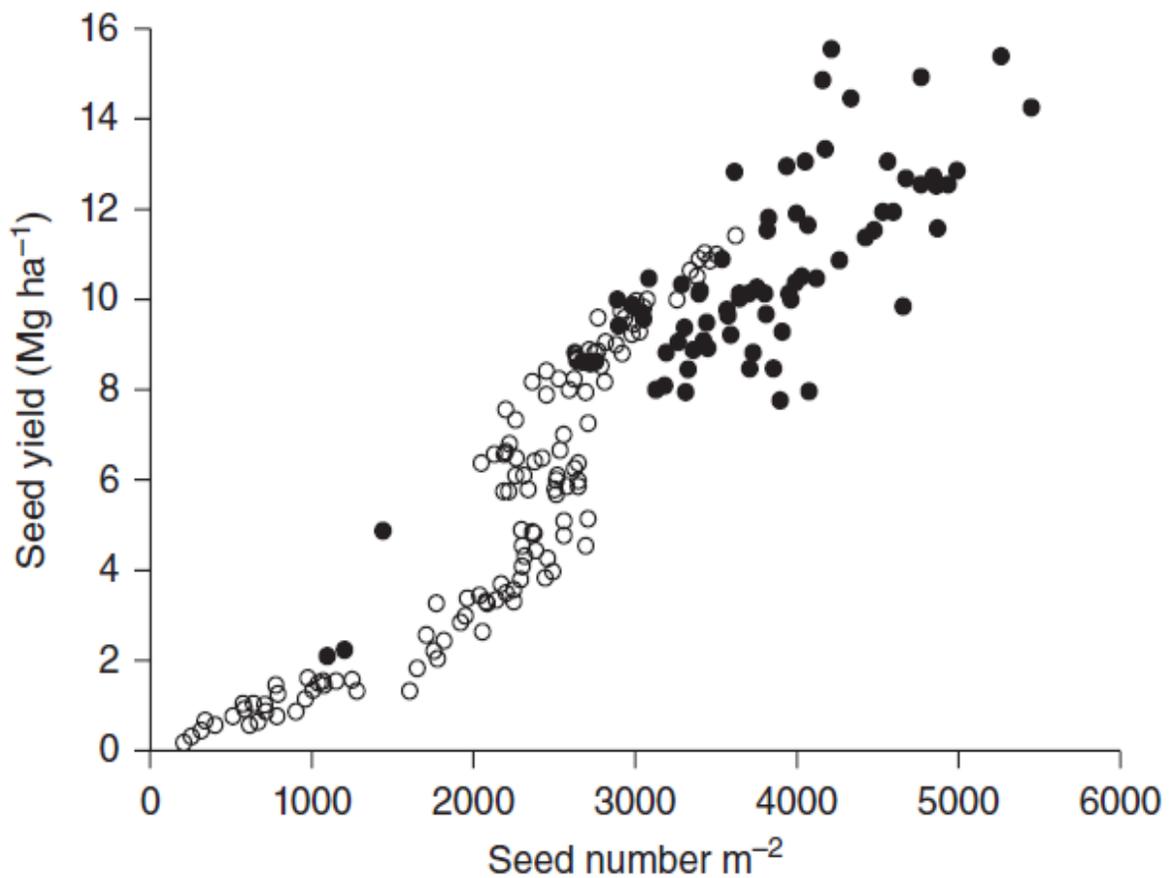
Es importante tener en cuenta que la producción de flores es frecuentemente mucho más grande que el número de semillas o frutos que sobreviven a la madurez; por lo tanto, el potencial de número de semillas (el número de semillas si todas las flores produjeran semillas que sobrevivan a la madurez) es más grande que el número final de semillas (Egli, 2017).

- **Tercera fase: Producción, acumulación y translocación de los fotosintatos del rendimiento**

Es la etapa donde se produce el llenado del grano (almidón, proteínas, aceites, etc.) y donde realmente se produce el rendimiento del cultivo.

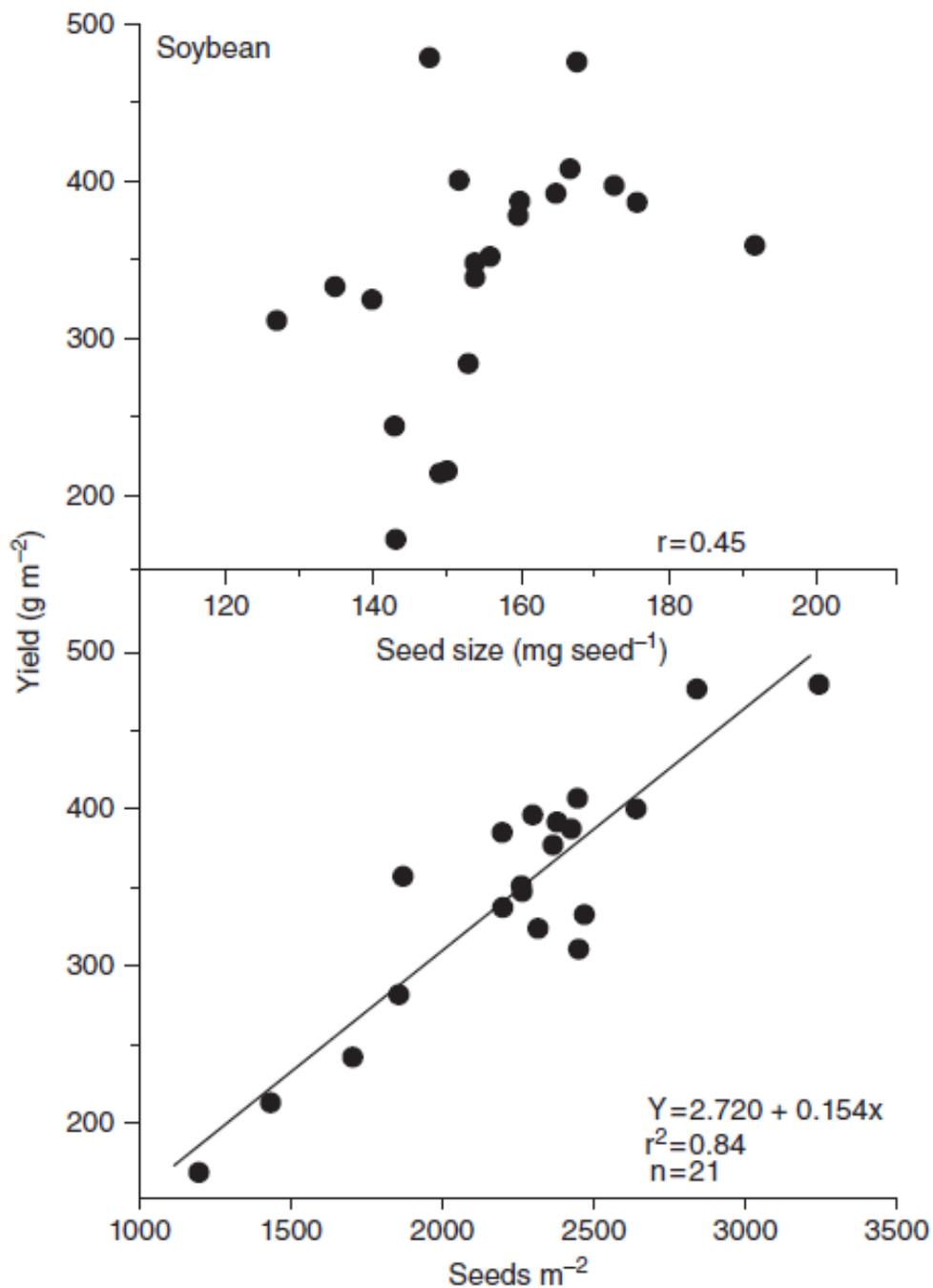
- **Componentes del rendimiento y el rendimiento**

Experimentos llevados a cabo en diferentes cultivos de grano reflejan relaciones entre el número de semillas y el rendimiento; por ejemplo, en el cultivo de maíz (**Fig. 1**), girasol (Cantagallo et al., 1997), arveja (Poggio et al., 2005).

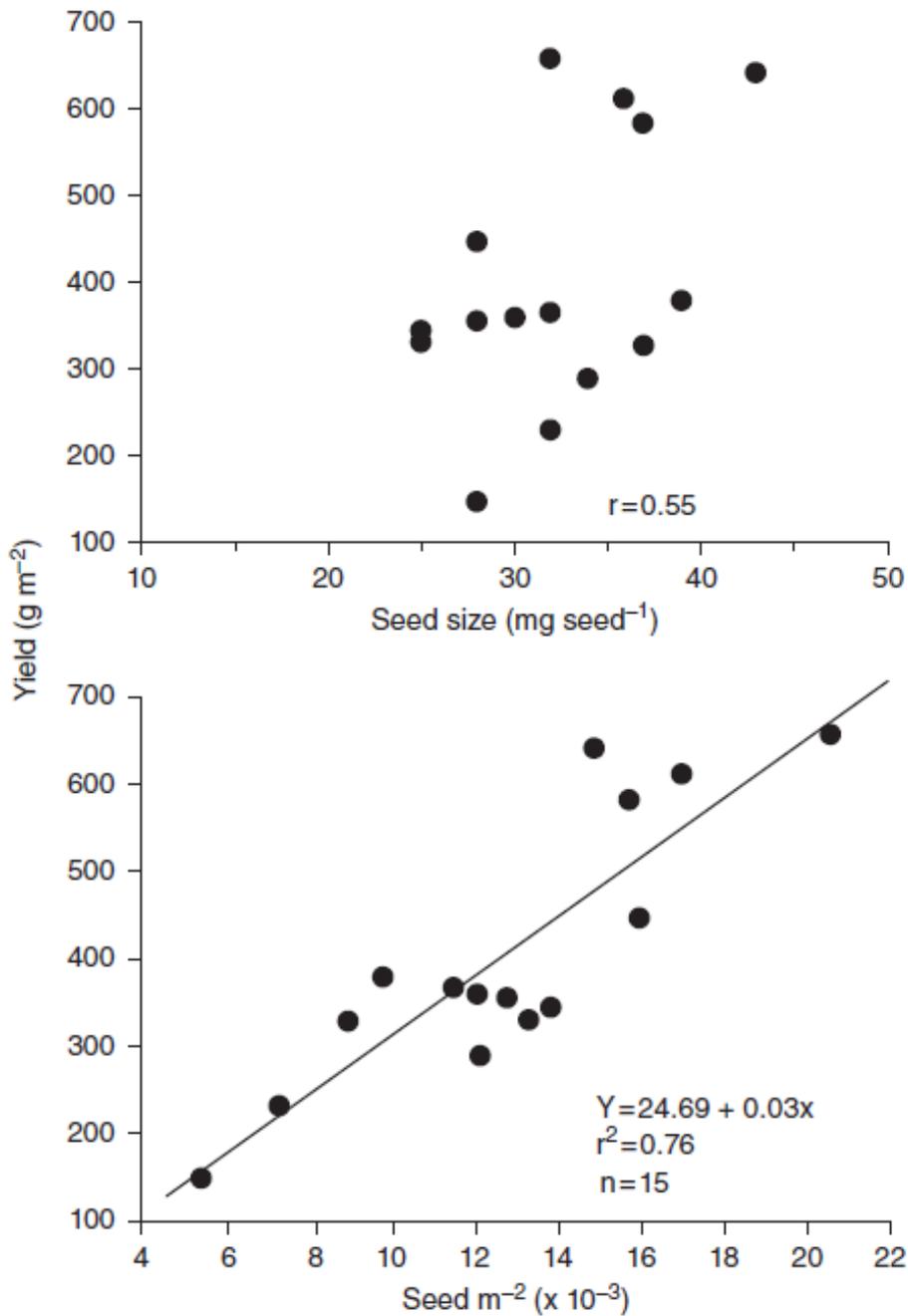


**Fig. 1. Relación entre el rendimiento de maíz y semillas por m<sup>-2</sup>. Símbolos abiertos de Chapman y Edmeades (1999) y símbolos cerrados por Otegui (1995). Citado por Borrás et al., (2004).**

En el caso de la relación entre el tamaño de la semilla y el rendimiento es probablemente mucho más complejo que la relación entre el número de semillas por m<sup>-2</sup> y el rendimiento (Egli, 2017). Estudios realizados en los cultivos de trigo y soya (**Fig. 2 y Fig. 3**) demuestran que la variación del tamaño de la semilla no está relacionada significativamente con el rendimiento.



**Fig. 2. Relación entre el rendimiento de soya y los componentes de rendimiento número de semillas por m<sup>-2</sup> y tamaño de semilla. Cultivar Iroquos (Grupo de madurez III), llevada a cabo en 21 localidades en 1996. Datos no publicadas de la Uniform Soybean Test-Northern región.**



**Fig. 3. Relación entre el rendimiento de trigo y los componentes de rendimiento, número de semillas por m<sup>2</sup> y tamaño de semilla. Cultivos Cardinal. Datos no publicados de 1990/1991 hasta 1995/96 Uniform Eastern Soft-Red Winter Wheat Nursery Program.**

Es importante tener en cuenta que el período de llenado de granos, se da después que la planta realiza un ajuste en el número de granos que llegarán a madurar, puesto que la cantidad de fotosintatos producidos durante la etapa vegetativa y demás reservas almacenadas en los distintos órganos vegetativos, tienen la capacidad de poder suplir solo un determinado número de semillas, el cual difiere del número potencial de semillas que poseía inicialmente la planta. Además, las variaciones agroclimáticas participan dentro de esta regulación, a través de los períodos cortos o largos de estrés a los que está sometida la planta, por ejemplo: estrés hídrico, térmico, nutricional, entre otros (Egli 2017)

**b) Número de semillas por unidad de área**

Los componentes que forman parte del componente número de semillas por unidad de área, suelen variar según la especie que se estudia, debido a que muchas de ellas poseen características morfológicas que las distingue, como por ejemplo el tipo de inflorescencia que se forma y la ubicación de esta, así como también el tipo de flor que forma parte de la inflorescencia. Sin embargo, como menciona Egli (2017), los principios que gobiernan la determinación del número de semillas son generalmente los mismos para muchas especies cultivadas, salvo por algunas diferencias específicas.

Anteriormente, se había mencionado que el tiempo de desarrollo de la semilla o fruto puede variar según la posición en que se origina, puesto que la floración no se da en el mismo momento, es decir es asincrónica; en consecuencia, conforme pasa el tiempo cada semilla o fruto en desarrollo alcanzará más rápido la madurez fisiológica.

A pesar de la complejidad al nivel de planta, algunos componentes son formados y ajustados antes que otros, así que cada componente puede estar expuesto e influenciado por un único ambiente durante su desarrollo (Egli, 2017). Ello origina que la magnitud del número potencial de semillas, número final de

semillas y la capacidad en exceso, pueda ser una función del cultivar, así como también del medio ambiente (Egli, 2017).

### c) **Tamaño de la Semilla**

El tamaño de la semilla (peso por semilla) es el componente final del rendimiento y es determinado durante la tercera fase de Murata conocido como “La producción, acumulación y translocación de los fotosintatos del rendimiento” que originan el rendimiento (Murata, citado por Egli, 2017).

- **Tamaño potencial de la semilla**

El término “tamaño potencial de la semilla” describe el concepto que cada semilla tiene un máximo tamaño que no puede excederse, independientemente de la disponibilidad de nutrientes asimilables. El tamaño final de la semilla puede ser igual o menor que el tamaño potencial de la misma, pero no puede por definición exceder, el tamaño potencial (Egli, 2017).

El tamaño potencial de la semilla está regulado por factores genéticos propios de cada especie; de esta manera, cada una de las estructuras que forman parte de la inflorescencia (tipo de flor, tipo de ovario, carpelos, etc.) establecen el tamaño final de la semilla. Trabajos realizados por (Corner, 1951; Duncan *et al.*, 1978; Frank y Fehr, 1981; Fraser *et al.*, 1982a) en cereales (Murata and Matsushima, 1975; Jones *et al.*, 1979; Scott *et al.*, 1983; Calderini *et al.*, 1999) corroboran que existen relaciones entre la estructura de la semilla y el tamaño de la semilla.

El factor ambiental también juega un rol importante, así como el factor nutricional, en especial en los primeros estados de desarrollo; tal como mencionan Calderini y Reynolds, citado por Egli (2017), que afirman que las condiciones ambientales y la disponibilidad de asimilados durante los primeros estados de desarrollo del fruto y semilla, pueden influenciar en el tamaño de estas estructuras, sugiriendo que el tamaño potencial de la semilla

puede variar entre ambientes o incluso entre semillas de la misma planta, dependiendo de su ubicación o del tiempo de desarrollo.

## **2.9. La semilla, el manejo del cultivo y el rendimiento**

La producción de los diversos cultivos alrededor del mundo, está sujeta a números factores que garantizan su desarrollo y crecimiento, tales como las numerosas actividades agrícolas que se llevan a cabo, las cuales varían según el cultivo que se desea producir. Por otro lado, está el factor climático y sus constantes variaciones, que provocan desbalances en el ciclo de vida del cultivo. Egli (2017) menciona que un modelo simple, frecuentemente usados por fisiólogos, describe al rendimiento como una función de la intercepción de la radiación solar, uso eficiente de la radiación (materia seca producida por unidad interceptada de radiación solar) e índice de cosecha (rendimiento/ (masa vegetativa + rendimiento)). Este modelo es teóricamente correcto, combina casi todos los procesos importantes productivos del rendimiento en dos términos: uso eficiente de la radiación e índice de cosecha

Egli (2017) propone desarrollar un modelo útil del proceso de obtención del rendimiento al nivel de toda la comunidad y al nivel de planta, centrándose en la semilla, la parte de la planta que es cosechada en los cultivos de grano. Para complementar el entendimiento del proceso, propone dividir los procesos responsables del rendimiento en dos categorías: aquellas responsables de la producción de materia seca a partir del CO<sub>2</sub>, agua y nutrientes minerales, y aquellas responsables de la producción de la semilla.

### **2.9.1. Tamaño del contenedor (semilla) de rendimiento**

El máximo tamaño del contenedor del rendimiento es determinado por el número de semillas por unidad de área y el tamaño potencial de la semilla

La determinación del número de semillas representa la primera oportunidad para la planta de ajustar su reproductividad, con las condiciones medio ambientales (Egli, 2017). Para maximizar el número de semillas y el rendimiento, es necesario tomar en consideración los siguientes factores de la planta:

### - **Fotosíntesis de la canopia**

El máximo número de semillas para cualquier cultivar de una especie ocurrirá sólo cuando el ambiente (por encima y debajo de la superficie) es adecuado para una máxima fotosíntesis durante el período crítico.

### - **La duración de la segunda fase propuesta por Murata**

Hay por lo menos dos beneficios potenciales asociados con la duración del período crítico. La primera, el número de semillas podría estar directamente relacionada con la duración del período crítico debido a un mayor tiempo de floración y de formación de semillas. La producción total de asimilados durante este período podrían incrementarse; contribuyendo a la formación de un mayor número de semillas.

El segundo beneficio potencial de un período crítico largo, es la reducción de las fluctuaciones en la disponibilidad de asimilados que se dan en el corto plazo. (Shibles et al., 1975). Un período crítico largo puede permitir más tiempo para compensar los ajustes realizados en el número de semillas, ocasionados por los cambios ambientales y el efecto de los estreses que se dan en corto plazo, resultando en una mejor estabilidad en el número de las semillas y el rendimiento.

### - **La partición**

Se define como la distribución de fotosintatos disponibles para la realización de numerosas funciones metabólicas en las plantas. De este total sólo una fracción de los asimilados producidos en un día, son translocados para el crecimiento reproductivo.

La asimilación de esta fracción destinada al crecimiento reproductivo, durante el segundo estado de Murata, será significativamente menor que el 100%, debido a la necesidad de mantener otros procesos de crecimiento vegetativos.

- **Características de las semillas**

La relación entre el número de semillas y la tasa de crecimiento de la semilla (TCS) ( $\text{mg semilla}^{-1} \text{ día}^{-1}$ ) es inversa: el incremento del tamaño de la semilla determina disminución en el número de semillas, permaneciendo el rendimiento constante. Existen antecedentes de fracasos frecuentes al tratar de incrementar el rendimiento mediante la selección de semillas grandes (Hartwing y Edwards, 1970).

**2.9.2. Llenando el contenedor (órgano de reserva) del rendimiento**

El órgano de reserva es llenado por los fotosintatos producidos por la fotosíntesis de la canopia, durante el llenado de la semilla y por redistribución de los carbohidratos almacenados y los compuestos de nitrógeno producidos antes del comienzo del llenado de la semilla (Egli, 2017).

Es importante notar que la fotosíntesis no es un proceso constante durante el ciclo de vida del cultivo; esta manifiesta su potencial durante la etapa vegetativa, pero conforme la planta pasa a las siguientes fases fenológicas (etapa reproductiva), hay una declinación, ya que se observa la senescencia de las hojas. Este proceso, definido como una serie de cambios que resultan en el desmontaje celular en la hoja (Thomas y Stoddart, 1980, citado por Egli, 2017), progresivamente reduce la productividad de la planta durante el llenado de grano, de los cultivos de grano.

La declinación de la fotosíntesis frecuentemente empieza temprano en período de llenado de grano. En algunas investigaciones, la caída de las hojas de los tercios superiores empiezan cuando aproximadamente sólo el 40% del llenado de la semilla fue completado (soya, Boon-Long et al., 1983, Secor et al., 1983; maíz, Pearson et al., 1984), en la antesis (Wolf et al., 1988b citado por Egli (2017), 23 días antes de la polinización del maíz (Crafts-Brander y Poneleit, 1992), o en diez días después de empezado el llenado de la semilla (estado de crecimiento R5) en soya (Crafts-Brandner y Egli, 1987).

**a) Tasa de crecimiento de la semilla (TCS)**

La capacidad de acomodar los asimilados suministrados por la parte vegetativa de la planta es limitada, porque el TCS (tasa de crecimiento de la semilla) eventualmente se satura por un incremento en la disponibilidad de los asimilados; entonces, existe un límite de cuánto TCS puede responder a un incremento en el suministro de asimilados durante la etapa de llenado de grano (Egli, 2017).

**b) Duración del llenado de grano (DLLG)**

Los cambios en la duración del llenado de grano (DLLG) están asociados con cambios en los patrones de senescencia durante el período de llenado de la semilla (Crafts-Brandner y Poneleit, 1992, citado por Egli, 2017). Selecciones de cultivos con período largo de llenado de grano, resultó en altos rendimiento en soya (Smith y Nelson, 1986a, b); en maíz (Cross, 1975; Crosbie y Mock, 1981, Russel, 1991); en avena (Helsel y Frey, 1978); en maní (Duncan et al., 1978); en soya (Gay et al., 1980; McBlain y Hume, 1980; Boerma y Ashley, 1988) y en trigo duro (Motzo et al., 2010). ).

Los cambios que se dan en el medio ambiente afectan el DLLG y estos efectos son frecuentemente traducidos en cambios en el rendimiento (Egly, 2017).

El llenado de los granos es sensible a la temperatura, y esta variación frecuentemente se traduce en cambios en el rendimiento (Egli, 2017). Duncan et al., (1973) citado por Egli (2017) propuso una teoría en la que el medio ambiente con altas temperaturas en el día (máxima fotosíntesis) y bajas temperaturas durante la noche (desarrollo lento y largo DLLG) podían producir altos rendimientos, asumiendo una alta radiación, sin ningún otro factor limitante.

También se debe prestar atención a variedades con llenado del grano en períodos cortos, aún que se considera un limitante para lograr altos rendimientos; debido a que en condiciones con climas con periodos cortos benignos, las variedades precoces pueden completar su ciclo y asegurar cierto nivel de rendimiento y ser útil en sistemas de policultivos (Egli, 2017).

### **2.9.3. El tamaño de la semilla y el rendimiento**

El tamaño de la semilla proporciona una muy buena representación visual del rendimiento, una representación que es mucho más conspicua que el número de semillas, porque el tamaño de la semilla es una característica fácil de observar y por la alta variación de tamaño entre y dentro de especies (Egli, 2017).

El tamaño de las semillas no siempre son buenos indicadores de alto o bajo rendimiento. Sin embargo, la variación genética en el tamaño, está relacionada con el DLLG (duración del llenado de grano) y que está relacionada con el rendimiento. Las semillas que son grandes, porque crecen durante mucho tiempo, darán como resultado un mayor rendimiento (Egli, 2017).

Por otro lado, la variación ambiental en el tamaño de la semilla es un indicador de cuán bien la comunidad de cultivos puede llenar el contenedor de rendimiento dentro de los límites establecidos por el tamaño de la semilla potencial

### **2.10. Componentes del rendimiento de la quinua**

En la quinua se ha considerado diversos componentes de rendimiento, tales como diámetro de grano por planta, espesor de grano por planta, peso de grano por planta y altura de la planta (Telleria y Ballón, 1976, Barnett, 2005, León, 2014).

### **III. MATERIALES Y METODOS:**

#### **3.1. Ubicación geográfica**

- El experimento se realizó en las instalaciones del Programa de Investigación y Proyección Social de Cereales y Granos Nativos de la UNALM.

#### **3.2. Materiales**

##### **a) Material genético**

- Semilla certificada categoría básica de las siguientes variedades, obtenidas del INIA:
  - Variedad Amarilla Sacaca
  - Variedad Rosada de Huancayo
  - Variedad INIA Salcedo
  - Variedad INIA Altiplano 431

Variedad Amarilla Sacaca y Variedad Rosada de Huancayo son quinuas del ecotipo valle y Variedad INIA Salcedo y Variedad INIA Altiplano 431, son quinuas del ecotipo altiplano.

##### **b) Implementos**

- Insumos Agrícolas:  
Fertilizantes, insecticidas y fungicidas.
- Implementos Usados:
  - Mochila de fumigación
  - Herramientas de campo (picos, palas, cegadores y otros)
- Equipos de Laboratorio:  
Microscopio portátil, estereoscopio, cámara fotográfica, contador de granos y tamizador digital.

#### **3.3. Metodología**

Se sembraron las cuatro variedades en canteros, con un sustrato rico en nutrientes. Durante todo el periodo de cultivo se irrigó adecuadamente,

con humedad óptima. Se aplicaron nutrientes (N - P205 -K20) en cantidades adecuadas para lograr plantas vigorosas. Se controló con fungicidas e insecticidas apropiados la presencia de enfermedades e insectos.

Las parcelas de cada variedad se dividieron en dos: una destinada a las observaciones de flores en el laboratorio y la otra para los estudios finales de componentes de rendimiento.

a) Evaluaciones:

- **Estudio de la Morfología Floral**

Las inflorescencias fueron colectadas en el mismo estado de crecimiento en diez plantas de cada variedad cultivadas bajo las mismas condiciones. Las inflorescencias fueron diseccionadas y estudiadas en un microscopio a nivel de glomérulos y flores en cada glomérulo.

Se clasificaron los tipos de inflorescencia, empleando la descripción de Bhargava et al. (2007), el cual considera:

- Tipos de flores
- Disposición de flores en los dicasios

- **Determinación de los componentes de rendimiento**

Se tomaron 15-17 plantas en el estado de madurez fisiológica y con diversidad de tamaños y se determinó:

- El número de granos formados por glomérulo y por planta.
- Se determinó el tamaño de granos en la panoja y la proporción de estos; empleando un clasificador de granos con zarandas diseñadas para este propósito.
- Se determinó el peso de mil granos, empleando un contador de granos y una balanza analítica.
- Determinación del rendimiento de granos por planta individual.

### **3.4. Diseño experimental**

No se empleó diseño experimental, se trabajó en base a plantas individuales en las cuatro variedades comerciales de la quinua.

- **Procesamiento de la información**

Los caracteres evaluados fueron rendimiento de grano por planta, número de granos por planta, tamaño de grano, peso de 1000 granos, número de flores hermafroditas y pistiladas y disposición de las flores en el dicasio.

Para el estudio de las relaciones existentes entre los caracteres, se calcularon los coeficientes simples de correlación y los coeficientes de determinación, usando los datos promedios de 15-17 plantas en las cuatro variedades. La naturaleza de las interrelaciones se evaluó a través del análisis de causas y efecto con los datos originales de los componentes del rendimiento empleados por Barriga (1974).

Para el cálculo de los efectos directos e indirectos se llevó a cabo el Análisis de Sendero (Path Analysis), con este tipo de análisis se puede realizar una serie de regresiones para analizar la relación entre variables independientes y dependientes, las cuales a su vez pueden operar como variables independientes de otras variables incluidas en el modelo (Pérez et al., 2013). En el Análisis de Sendero el investigador establece formalmente un modelo que en esencia es una explicación teórica plausible de por qué las variables están relacionadas (Pérez et al., 2013).

Para poder obtener los efectos directos e indirectos se realizó un diagrama de causa y efecto, el cual permitió identificar las variables exógenas y las endógenas y a partir de estas relaciones se calcularon los coeficientes sendero estandarizados, es decir los efectos directos (P). La magnitud de los efectos indirectos se estima al multiplicar los coeficientes senderos existentes a lo largo de la línea casual entre dos variables relacionadas (Arbuckle, 2003, citado por Pérez, 2013)

Para determinar la relación entre el tipo de arreglo dicasial de la inflorescencia y el componente tamaño de grano, se llevó a cabo la prueba de tablas de contingencia, la cual recogió la frecuencia conjunta de las 15-17 muestras tomadas, y estas frecuencias fueron clasificadas de acuerdo con los tipos de arreglo dicasial y la clasificación del tamaño de grano en base al diámetro de estos.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSION**

### **OBJETIVO 1: DETERMINACIÓN DEL TIPO DE ARREGLO DICASIAL EN LA INFLORESCENCIA Y LA PROPORCIÓN DE FLORES HERMAFRODITAS Y PISTILADAS DE CUATRO VARIEDADES COMERCIALES DE QUINUA**

#### **VARIEDAD INIA SALCEDO**

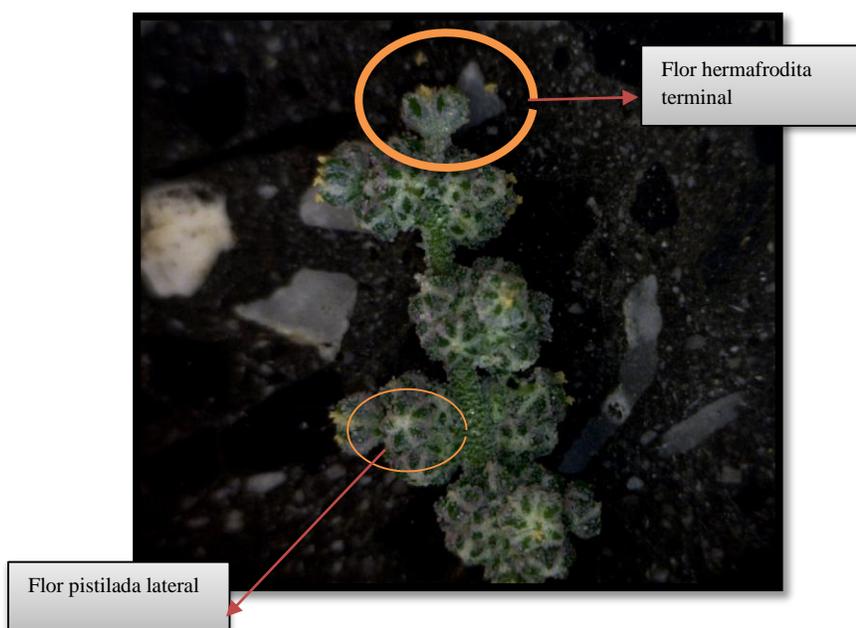
En la Tabla N°1 se presenta el N° de flores hermafroditas y el N° de flores pistiladas; y la proporción respectiva determinadas en 16 plantas representativas de la variedad. En la Figura N° 1 se muestran los tipos de flores presentes en los glomérulos de la variedad INIA Salcedo y la Figura N° 2 muestra la disposición de las flores en el dicasio.

La variedad INIA Salcedo, en las 16 plantas evaluadas, presentó un rango de flores hermafroditas de 2729 a 6909 que representa el 78.3 al 98.4% de flores totales de la inflorescencia. Por otro lado el rango de N° de flores pistiladas fue de 67 a 1913 que representa el 1.6 al 21.7% del total de flores de la inflorescencia.

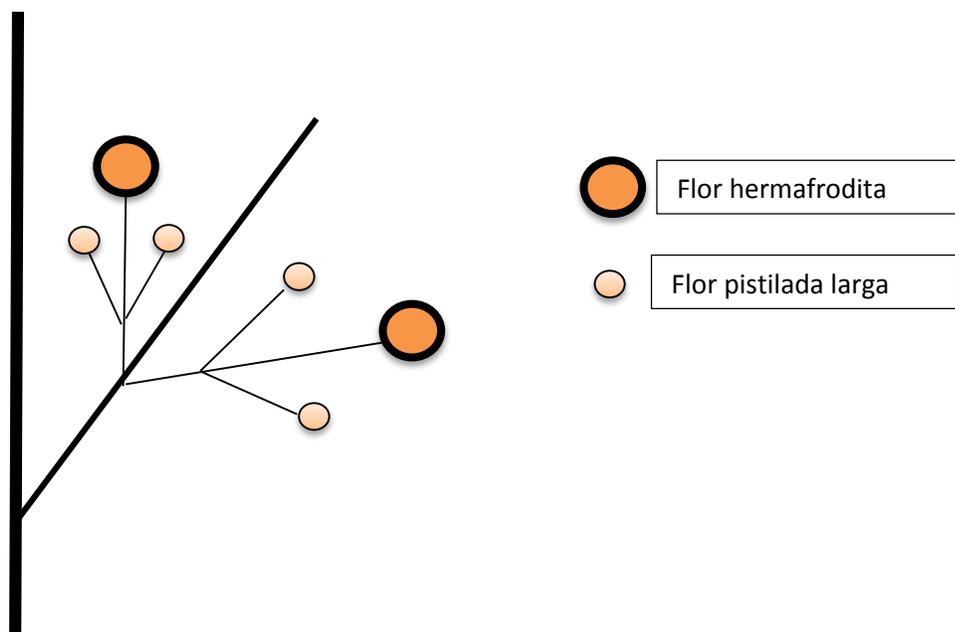
Aplicando los descriptores de Bhargava et al., 2007, se clasifico la inflorescencia como tipo IX porque tiene más de 46.6 % de flores hermafroditas y la primera rama del dicasio lleva una flor hermafrodita, mientras que la segunda rama lleva una flor femenina larga clamídea.

**Tabla 1 Número de flores y proporción de flores hermafroditas y pistiladas observadas en la inflorescencia de 16 plantas de la variedad INIA SALCEDO. La Molina 2016.**

N° Planta	Total Flores	Flores hermafroditas	Flores pistiladas	Proporción Flores Hermafroditas (%)	Proporción Flores Pistiladas (%)
1	3737	3575	162	95.7	4.3
2	4138	4071	67	98.4	1.6
3	3179	2729	450	85.8	14.2
4	3215	3050	165	94.9	5.1
5	8822	6909	1913	78.3	21.7
6	5791	5155	636	89.0	11
7	5089	4895	194	96.2	3.8
8	5098	4671	427	91.6	8.4
9	3805	3388	417	89.0	11
10	7497	6257	1240	83.5	16.5
11	6318	5990	328	94.8	5.2
12	4263	3897	366	91.4	8.6
13	5241	4892	349	93.3	6.7
14	7259	5795	1464	79.8	20.2
15	6693	5582	1111	83.4	16.6
16	5755	5394	361	93.7	6.3
<b>Promedio</b>	<b>5368.75</b>	<b>4765.625</b>	<b>603.125</b>	<b>89.925</b>	<b>10.075</b>
<b>CV (%)</b>	<b>30.59</b>	<b>25.57</b>	<b>88.85</b>		



**Figura 1 Glomérulo en arreglo dicasial IX de la var. INIA Salcedo**



**Figura 2 Arreglo dicasio tipo IX de la var. INIA Salcedo**

### **VARIEDAD INIA 431 ALTIPLANO**

En la Tabla N°2 se presenta el N° de flores hermafroditas y el N° de flores pistiladas; y la proporción respectiva determinadas en 15 plantas representativas de la variedad. En la Figura N° 3 y 4 se muestran los tipos de flores presentes en el glomérulo de la variedad INIA 431 Altiplano y la figura N° 5 muestra la disposición de éstas en el dicasio.

La variedad INIA 431 Altiplano, en las 15 plantas evaluadas, presentó un rango de flores hermafroditas de 2470 a 5076 que representa el 55.1 al 79.6% de flores totales de la inflorescencia. Por otro lado el rango de N° de flores pistiladas o femeninas fue de 746 a 3018 que representa el 20.4 al 44.9 % del total de flores de la inflorescencia.

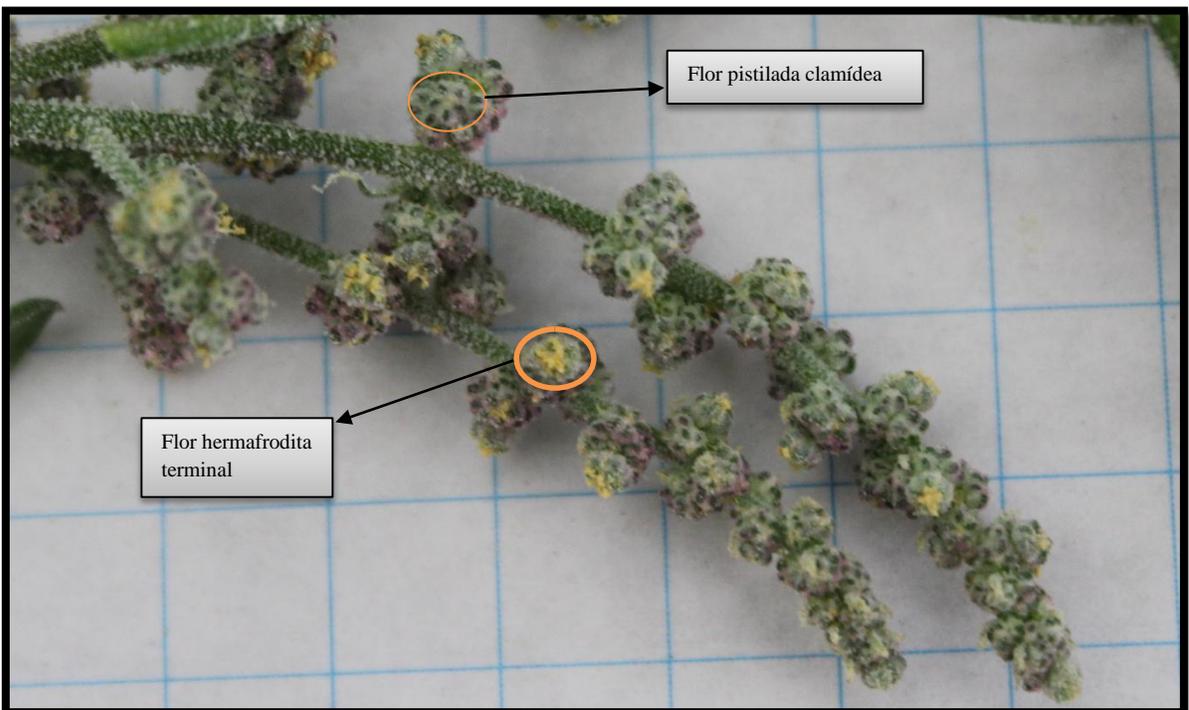
De acuerdo a Bhargava et al., 2007, la inflorescencia se clasifica como tipo V, este tipo de arreglo dicasio posee 21.7% de flores femeninas. La primera división del dicasio termina en flores bisexuales, mientras que la segunda y tercera rama lleva una flor femenina larga y pequeña clamídea (perianto compuesto por cáliz); respectivamente.

**Tabla 2 Número de flores y proporción de flores hermafroditas y pistiladas observadas en la inflorescencia de 15 plantas de la variedad INIA 431 ALTIPLANO. La Molina 2016.**

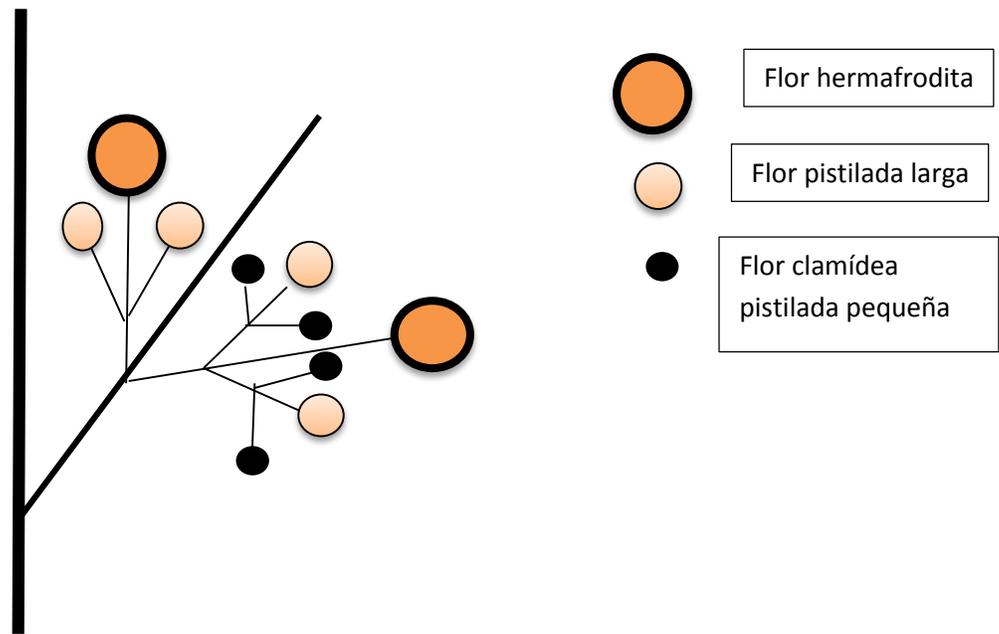
<b>N° Planta</b>	<b>Total Flores</b>	<b>Flores hermafroditas</b>	<b>Flores pistiladas</b>	<b>Proporción Flores Hermafroditas (%)</b>	<b>Proporción Flores Pistiladas (%)</b>
1	4879	3608	1271	74.0	26
2	4901	3888	1013	79.3	20.7
3	5289	2912	2377	55.1	44.9
4	4324	3039	1285	70.3	29.7
5	6451	4588	1863	71.1	28.9
6	5679	3486	2193	61.4	38.6
7	4459	2839	1620	63.7	36.3
8	4041	2470	1571	61.1	38.9
9	5025	3668	1357	73.0	27
10	3917	2828	1089	72.2	27.8
11	4808	2677	2131	55.7	44.3
12	3654	2908	746	79.6	20.4
13	6836	5076	1760	74.3	25.7
14	4333	2831	1502	65.3	34.7
15	7265	4247	3018	58.5	41.5
<b>Promedio</b>	<b>5057.4</b>	<b>3404.3</b>	<b>1653.1</b>	<b>67.64</b>	<b>32.36</b>
<b>CV (%)</b>	<b>21.31</b>	<b>22.57</b>	<b>35.84</b>		



**Figura 3** Glomérulo en arreglo dicasial V de la var. INIA 431 ALTIPLANO



**Figura 4** Glomérulo en arreglo dicasial V de la var. INIA 431 ALTIPLANO



**Figura 5 Arreglo dicasio tipo V de la var. INIA 431 Altiplano**

### **VARIEDAD ROSADA DE HUANCAYO**

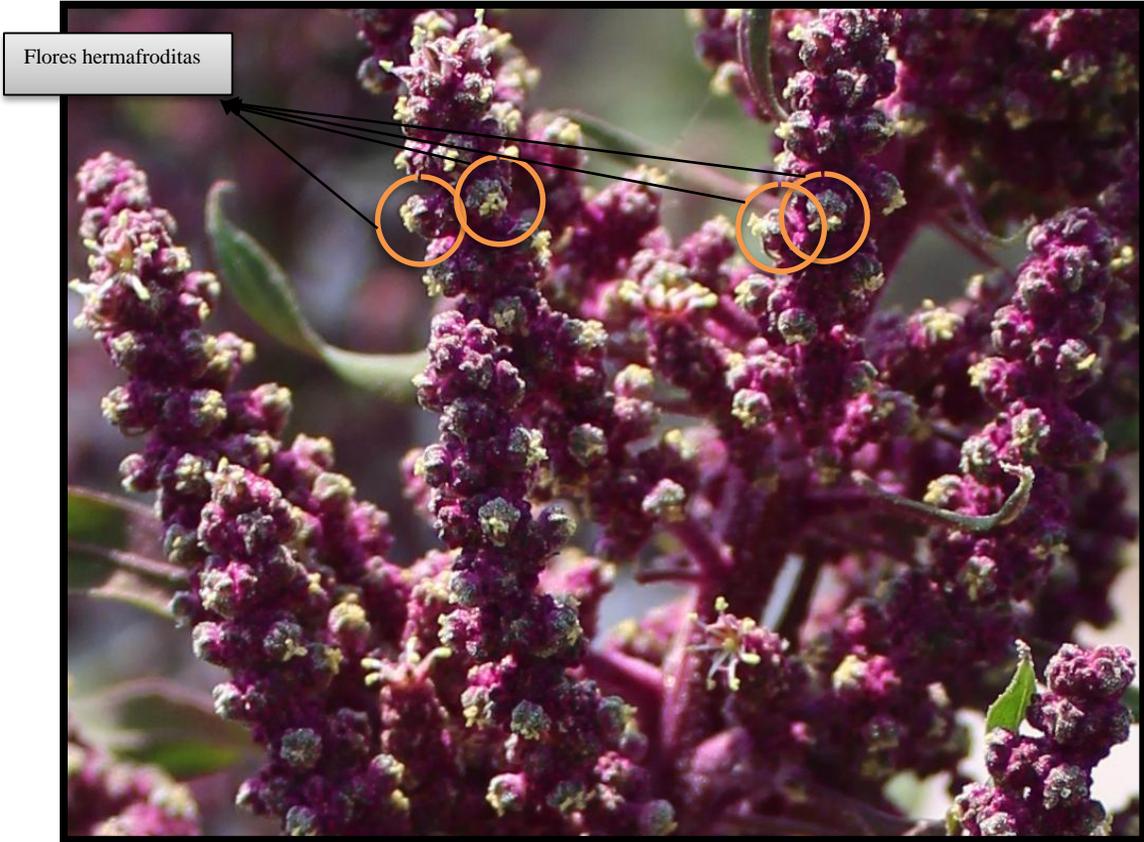
En la Tabla N°3 se presenta el N° de flores hermafroditas y el N° de flores pistiladas; y la proporción respectiva determinadas en 16 plantas representativas de la variedad. En la Figura N° 6 se muestra las flores hermafroditas presentes en las primeras ramificaciones del dicasio de la variedad Rosada de Huancayo y la figura N° 7 muestra la disposición de éstas en el dicasio.

La variedad, Rosada de Huancayo, en las 16 plantas evaluadas, presentó un rango de flores hermafroditas de 3439 a 9998 que representa el 71 al 97.8% de flores totales de la inflorescencia. Por otro lado el rango de N° de flores pistiladas o femeninas fue de 203 a 2414 que representa el 2.2 al 30.2 % del total de flores de la inflorescencia.

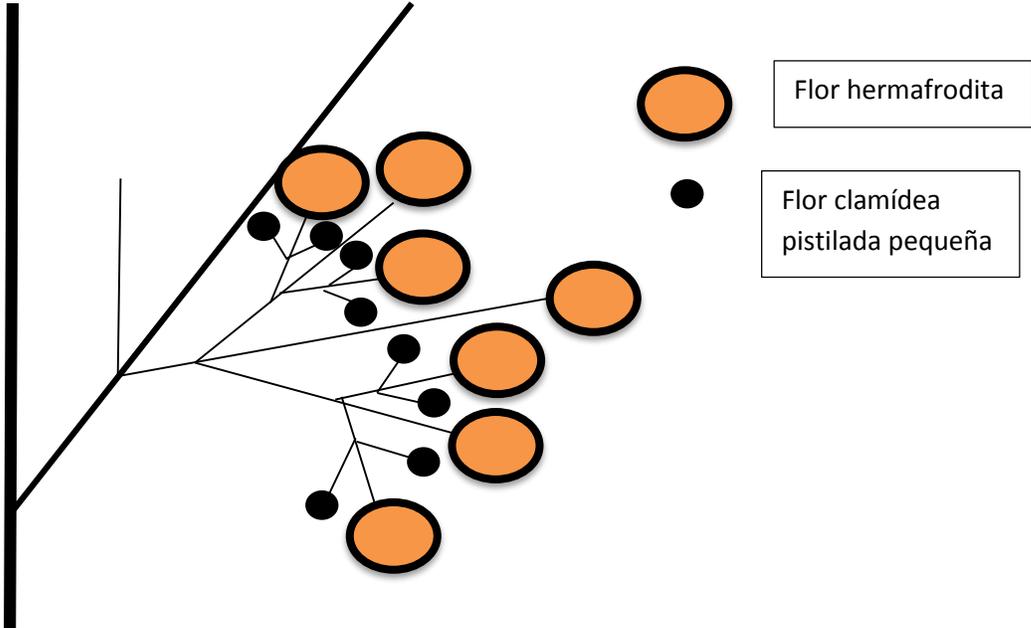
De acuerdo a Bhargava et al., 2007, la inflorescencia se clasifica como tipo X, este tipo muestra un 48.9% de flores hermafroditas, mientras que el dicasio se divide 4 veces. Las primeras tres ramas llevan flores bisexuales, mientras que la cuarta rama lleva una flor femenina pequeña clamídea.

**Tabla 3 Número de flores y proporción de flores hermafroditas y pistiladas observadas en la inflorescencia de 16 plantas de la variedad ROSADA DE HUANCAYO. La Molina 2016.**

<b>N° Planta</b>	<b>Total Flores</b>	<b>Flores hermafroditas</b>	<b>Flores pistiladas</b>	<b>Proporción Flores Hermafroditas (%)</b>	<b>Proporción Flores Pistiladas (%)</b>
1	6044	5416	628	89.6	10.4
2	5059	4681	378	92.5	7.5
3	9362	9159	203	97.8	2.2
4	10502	9998	504	95.2	4.8
5	4801	4539	262	94.5	5.5
6	9552	8381	1171	87.7	12.3
7	6902	4815	2087	69.8	30.2
8	5508	4328	1180	78.6	21.4
9	4949	4585	364	92.6	7.4
10	5537	5023	514	90.7	9.3
11	7158	5452	1706	76.2	23.8
12	4349	3648	701	83.9	16.1
13	5580	4673	907	83.7	16.3
14	4844	3439	1405	71	29
15	8596	6182	2414	71.9	28.1
16	9734	8701	1033	89.4	10.6
<b>Promedio</b>	<b>6779.81</b>	<b>5813.75</b>	<b>966.06</b>	<b>85.32</b>	<b>14.68</b>
<b>CV (%)</b>	<b>30.80</b>	<b>35.51</b>	<b>68.55</b>		



**Figura 6** Glomérulo en arreglo dicasial X de la var. Rosada de Huancayo



**Figura 7** Arreglo dicasial tipo X de la var. Rosada de Huancayo

## **VARIEDAD AMARILLA SACACA**

En la Tabla N°4 se presenta el N° de flores hermafroditas y el N° de flores pistiladas; y la proporción respectiva determinadas en 17 plantas representativas de la variedad. En la Figura N° 8 se muestran las ramificaciones laterales de la inflorescencia de la variedad Amarilla Sacaca y la figura N° 9 muestra la disposición de los tipos de flores presentes en el dicasio.

La variedad, Amarilla Sacaca, en las 17 plantas evaluadas, presentó un rango de flores hermafroditas de 3048 a 7203 que representa el 89.3 al 99.2% de flores totales de la inflorescencia. Por otro lado el rango de N° de flores pistiladas o femeninas fue de 54 a 355 que representa el 0.8 al 10.7 % del total de flores de la inflorescencia.

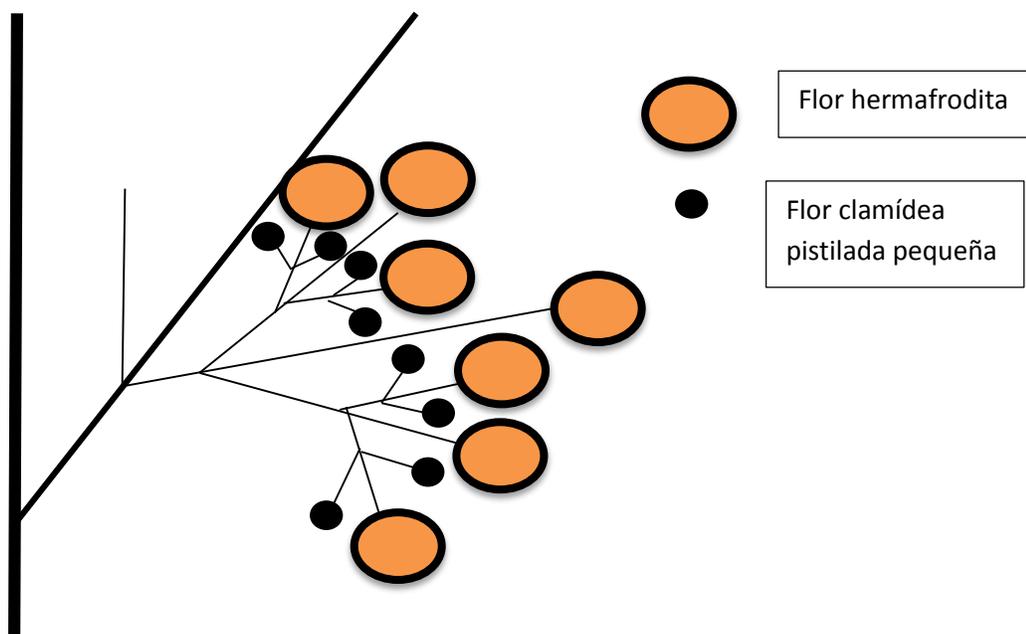
De acuerdo a Bhargava et al., 2007, se clasifica la inflorescencia en el tipo X, este tipo muestra un 48.9% de flores bisexuales, mientras que el dicasio se divide 4 veces. Las primeras tres ramas llevan flores bisexuales, mientras que la cuarta rama lleva una flor femenina pequeña clamídea.

**Tabla 4 Número de flores y proporción de flores hermafroditas y pistiladas observadas en la inflorescencia 17 plantas de la variedad AMARILLA SACACA. La Molina 2016.**

N° Planta	Total Flores	Flores hermafroditas	Flores pistiladas	Proporción Flores Hermafroditas (%)	Proporción Flores Pistiladas (%)
1	5079	4537	542	89.3	10.7
2	5662	5608	54	99.0	1.0
3	7264	7203	61	99.2	0.8
4	4087	3992	95	97.7	2.3
5	6013	5888	125	97.9	2.1
6	3403	3048	355	89.6	10.4
7	5240	5138	102	98.1	1.9
8	4657	4539	118	97.5	2.5
9	3337	3258	79	97.6	2.4
10	3624	3394	230	93.7	6.3
11	3573	3260	313	91.2	8.8
12	3869	3730	139	96.4	3.6
13	5662	5595	67	98.8	1.2
14	6342	6184	158	97.5	2.5
15	6418	6069	349	94.6	5.4
16	5278	5160	118	97.8	2.2
17	5076	4934	142	97.2	2.8
<b>Promedio</b>	<b>4975.5</b>	<b>4796.3</b>	<b>179.2</b>	<b>96.06</b>	<b>3.94</b>
<b>CV (%)</b>	<b>23.81</b>	<b>25.41</b>	<b>75.25</b>		



**Figura 8 Glomérulo en arreglo dicisial X de la var. Amarilla Sacaca**



**Figura 9 Arreglo dicasial tipo X de la var. Amarilla Sacaca**

**OBJETIVO 2: DETERMINACIÓN DE LA RELACION DEL N° DE FLORES HERMAFRODITAS Y PISTILADAS CON EL RENDIMIENTO Y COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DE PLANTA DE CUATRO VARIEDADES DE QUINUA.**

Se presenta los resultados de la correlación del rendimiento por planta y los componentes del rendimiento N° de granos/ planta y peso de mil granos asociados con el número de flores hermafroditas y pistiladas identificadas en las panojas evaluadas en cada variedad estudiada.

Se consideran como variables independientes el N° de flores hermafroditas y pistiladas y como variables dependientes el rendimiento/planta, el N° de granos y el peso de mil granos.

**VARIEDAD INIA SALCEDO**

En la Tabla N° 5 muestra los datos obtenidos de las variables dependientes: rendimiento (g/planta) y peso de 1000 granos (g), las cuales fueron empleadas para la obtención de los coeficientes de correlación y de determinación.

En la Tabla N° 6 se presenta los resultados de correlación entre los tipos de flores y los componentes de rendimiento. Se encontró para N° de flores hermafroditas una correlación positiva altamente significativa con rendimiento y N° de granos /planta y una correlación

negativa con alto nivel de significación con el peso de mil granos. Por otro lado, para N° de flores pistiladas se encontró una correlación positiva no significativa con rendimiento, una correlación positiva altamente significativa con N° de granos/planta y negativa altamente significativa con peso de mil granos.

En la Tabla N°7 se presentan los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) para cada relación estudiada. Considerando el N° de flores hermafroditas y su relación con el rendimiento, peso de mil granos y N° de granos se puede apreciar que la variable N° de flores hermafroditas influye en el rendimiento en un 95.9%, en el peso de mil granos en un 72.1% y en el número de granos en un 95.3%. Por otro lado, el N° de flores pistiladas influye en el rendimiento en un 16.05%, en el peso de mil granos en un 53.8% y en el N° de granos en un 67.7%.

En la Tabla N° 8 se puede apreciar que a través del análisis de causa y efecto se demostró que los efectos directos de las flores hermafroditas sobre el rendimiento y el N° de granos/planta fueron positivos y altos; para el primero se obtuvo un valor de  $P= 0.98$  y el segundo fue  $P= 0.976$ . Sin embargo, para el componente peso de 1000 granos se obtuvo un efecto directo negativo y alto ( $P= -0.849$ ). Por otro parte, el valor del efecto directo de las flores pistiladas sobre el rendimiento no fue alto ( $P= 0.401$ ) y ello se complementa con sus efectos indirectos vía peso de 1000 granos cuyo valor no fue alto ( $P=0.2603$ ), mientras que el efecto directo sobre el N° de granos/planta fue alto y positivo ( $P= 0.823$ ); cabe resaltar que se obtuvo un efecto directo negativo sobre el peso de 1000 granos ( $P= -0.734$ ).

**Tabla 5 Rendimiento (g/planta) y peso de 1000 granos (g) de 16 plantas de la variedad INIA Salcedo. La Molina 2016.**

	<b>Rendimiento (g/planta)</b>	<b>Peso de 1000granos (g)</b>
<b>1</b>	11.91	3.26
<b>2</b>	12.30	3.18
<b>3</b>	9.17	3.7
<b>4</b>	9.84	3.11
<b>5</b>	20.59	2.36
<b>6</b>	15.54	2.72
<b>7</b>	15.20	3.01
<b>8</b>	15.83	3.12
<b>9</b>	10.37	2.77
<b>10</b>	19.21	2.64
<b>11</b>	18.44	3.05
<b>12</b>	13.49	3.08
<b>13</b>	15.34	2.82
<b>14</b>	19.88	2.53
<b>15</b>	20.00	2.71
<b>16</b>	18.22	2.90
<b>Promedio</b>	<b>15.33</b>	<b>2.90</b>
<b>CV (%)</b>	<b>25.01</b>	<b>9.01</b>

**Tabla 6 Coeficientes simples de correlación (r) fenotípica entre el N° de flores hermafroditas y pistiladas de la inflorescencia y los componentes de rendimiento de la var. INIA Salcedo. La Molina 2016.**

	<b>Rendimiento/planta</b>	<b>N° Granos/planta</b>	<b>Peso1000gran os</b>	<b>N° Flores hermafroditas/planta</b>	<b>N° Flores pistiladas/planta</b>
<b>Rendimiento /planta</b>	1.0000000	0.9660105***	-0.6953165**	0.979642***	0.4006156(ns)
<b>N° Granos/planta</b>		1.0000000	-0.854228***	0.9764629***	0.8232001***
<b>Peso1000gran os</b>			1.0000000	-0.8493997***	-0.7337939**
<b>N° Flores hermafroditas/planta</b>				1.0000000	
<b>N° Flores pistiladas/planta</b>					1.0000000

Nivel de significancia: 0 ‘\*\*\*\*’ 0.001 ‘\*\*\*’ 0.01 ‘\*\*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘.’ 1

**Tabla 7 Coeficientes de determinación (R<sup>2</sup>) entre el N° de flores hermafroditas y pistiladas de la inflorescencia y los componentes de rendimiento de la var. INIA Salcedo. La Molina 2016.**

	<b>N° Flores Hermafroditas/planta</b>	<b>N° Flores pistiladas / Planta</b>
<b>Rendimiento/planta</b>	0.9597	0.1605
<b>Peso de 1000 granos</b>	0.7215	0.5385
<b>Número de granos/planta</b>	0.9535	0.6777

**Tabla 8 Efecto directo e indirecto del N° de flores hermafroditas y pistiladas en el rendimiento y los componentes de rendimiento de la var. INIA Salcedo. La Molina 2016.**

Vía de asociación	Efecto directo	Efecto indirecto	Coefficiente de correlación
<b>Flor hermafrodita vs rendimiento</b>			0.9796
<b>Efecto directo</b>	0.98		
<b>Efecto indirecto vía número de granos por panoja</b>		0.8894	
<b>Efecto indirecto vía peso de 1000 granos</b>		0.3485	
<b>Flor hermafrodita vs número de granos por panoja</b>			0.9764
<b>Efecto directo</b>	0.976		
<b>Flor hermafrodita vs peso de 1000 granos</b>			-0.8493
<b>Efecto directo</b>	-0.849		
<b>Efecto indirecto vía número de granos por panoja</b>		0.6953	
<b>Flor pistilada vs rendimiento</b>			0.4006
<b>Efecto directo</b>	0.401		
<b>Efecto indirecto vía número de granos por panoja</b>		0.6399	
<b>Efecto indirecto vía peso de 1000 granos</b>		0.2603	
<b>Flor pistilada vs número de granos por panoja</b>			0.8232
<b>Efecto directo</b>	0.823		
<b>Flor pistilada vs peso de 1000 granos</b>			-0.7337
<b>Efecto directo</b>	-0.734		
<b>Efecto indirecto vía número de granos por panoja</b>		0.5002	

## **VARIEDAD INIA 431 ALTIPLANO**

En la Tabla N° 9 muestra los datos obtenidos de las variables dependientes: rendimiento (g/planta) y peso de 1000 granos (g), las cuales fueron empleadas para la obtención de los coeficientes de correlación y de determinación.

En la Tabla N° 10 se presentan los resultados de la correlación entre el N° de flores hermafroditas y pistiladas con los componentes del rendimiento. Para N° de flores hermafroditas se encontró correlación positiva altamente significativa con rendimiento y N° de granos /planta y una correlación negativa no significativa con el peso de mil granos. Por otro lado, para N° de flores pistiladas se encontró una correlación positiva no significativa con rendimiento y una correlación positiva y altamente significativa con N° de granos/planta y negativa altamente significativa con peso de mil granos.

En la Tabla N° 11 se presentan los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) para cada relación estudiada. Considerando el N° de flores hermafroditas y su relación con el rendimiento, peso de mil granos y N° de granos se puede apreciar que la variable N° de flores hermafroditas influye en el rendimiento en un 95.3%, en el peso de mil granos en un 2.8% y en el número de granos en un 83.04 %. Por otro lado, el N° de flores pistiladas influye en el rendimiento en un 14.42%, en el peso de mil granos en un 85.2% y en el N° de granos en un 52.2%.

En la Tabla N° 12 se puede apreciar que a través del análisis de causa y efecto se demostró que los efectos directos de las flores hermafroditas sobre el rendimiento y el N° de granos/planta fueron altos y positivos; para el primero se obtuvo un valor de  $P= 0.977$  y el segundo fue  $P= 0.911$ . No obstante, el efecto directo sobre el peso de 1000 granos fue muy pequeño ( $P= 0.168$ ) y ello se complementa con el efecto indirecto vía N° de granos/planta cuyo valor es bajo ( $P=0.1401$ ). Por otra parte, los valores de los efectos directos de las flores pistiladas sobre el N° de granos/planta fue alto y positivo ( $P= 0.722$ ), mientras que el efecto directo sobre el peso de 1000 granos fue negativo y alto ( $P= -0.923$ ).

**Tabla 9 Rendimiento (g/planta) y peso de 1000 granos (g) de la variedad INIA 431 Altiplano. La Molina 2016.**

	<b>Rendimiento (g/planta)</b>	<b>Peso de 1000granos (g)</b>
<b>1</b>	18.32	3.77
<b>2</b>	18.28	3.82
<b>3</b>	18.82	3.41
<b>4</b>	16.89	3.87
<b>5</b>	23.76	3.58
<b>6</b>	19.46	3.40
<b>7</b>	15.53	3.51
<b>8</b>	14.42	3.57
<b>9</b>	17.74	3.77
<b>10</b>	13.89	3.76
<b>11</b>	15.49	3.12
<b>12</b>	14.65	4.07
<b>13</b>	25.78	3.64
<b>14</b>	14.79	3.51
<b>15</b>	22.81	2.97
<b>Promedio</b>	<b>18.04</b>	<b>3.58</b>
<b>CV (%)</b>	<b>20.14</b>	<b>7.98</b>

**Tabla 10 Coeficientes simples de correlación (r) fenotípica entre el N° de flores hermafroditas y pistiladas de la inflorescencia y los componentes de rendimiento de la var. INIA 431 ALTIPLANO. La Molina 2016.**

	<b>Rendimiento/planta</b>	<b>Granos/planta</b>	<b>Peso1000 granos</b>	<b>Flores hermafrodita/plantas</b>	<b>Flores pistiladas/planta</b>
<b>Rendimiento/planta</b>	1.0000000	0.940743***	-0.233348(ns)	0.9766843***	0.3797421(ns)
<b>Granos/planta</b>		1.0000000	-0.4106032(ns)	0.9112662***	0.722371**
<b>Peso1000granos</b>			1.0000000	-0.167690(ns)	-0.923059***
<b>Flores hermafrodita/plantas</b>				1.0000000	
<b>Flores pistiladas / planta</b>					1.0000000

Nivel de significancia: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ''

**Tabla 11 Coeficientes de determinación (R<sup>2</sup>) entre el N° de flores hermafroditas y pistiladas de la inflorescencia y los componentes de rendimiento de la var. INIA 431 ALTIPLANO. La Molina 2016.**

	<b>Flores Hermafrodita/ plantas</b>	<b>Flores pistiladas/ planta</b>
<b>Rendimiento/planta</b>	0.9539	0.1442
<b>Peso de 1000 granos</b>	0.02812	0.852
<b>Número de granos/ planta</b>	0.8304	0.5218

**Tabla 12 Efecto directo e indirecto del N° de flores hermafroditas y pistiladas en el rendimiento y los componentes de rendimiento de la var. INIA 431 ALTIPLANO. La Molina 2016.**

Vía de asociación	Efecto directo	Efecto indirecto	Coefficiente de correlación
<b>Flor hermafrodita vs rendimiento</b>			0.9766
<b>Efecto directo</b>	0.977		
<b>Efecto indirecto vía número de granos por panoja</b>		0.7348	
<b>Efecto indirecto vía peso de 1000 granos</b>		0.0015	
<b>Flor hermafrodita vs número de granos por panoja</b>			0.9112
<b>Efecto directo</b>	0.911		
<b>Flor hermafrodita vs peso de 1000 granos</b>			0.1676
<b>Efecto directo</b>	0.168		
<b>Efecto indirecto vía número de granos por panoja</b>		0.1401	
<b>Flor pistilada vs rendimiento</b>			0.3797
<b>Efecto directo</b>	0.38		
<b>Efecto indirecto vía número de granos por panoja</b>		0.4616	
<b>Efecto indirecto vía peso de 1000 granos</b>		0.0463	
<b>Flor pistilada vs número de granos por panoja</b>			0.7223
<b>Efecto directo</b>	0.722		
<b>Flor pistilada vs peso de 1000 granos</b>			-0.923
<b>Efecto directo</b>	-0.923		
<b>Efecto indirecto vía número de granos por panoja</b>		0.088	

## **VARIEDAD ROSADA DE HUANCAYO**

En la Tabla N° 13 muestra los datos obtenidos de las variables dependientes: rendimiento (g/planta) y peso de 1000 granos (g), las cuales fueron empleadas para la obtención de los coeficientes de correlación y de determinación.

En la Tabla N° 14 se presenta los resultados de las correlaciones entre el N° de flores hermafroditas y pistiladas con los componentes del rendimiento. Para el N° de flores hermafroditas se encontró correlación positiva y con alto nivel de significancia para rendimiento y N° de granos /planta y una correlación positiva no significativa con el peso de mil granos. Por otro lado, para flores pistiladas se encontró una correlación positiva no significativa con rendimiento y N° de granos/planta y negativa altamente significativa con peso de mil granos.

En la Tabla N°15 se presentan los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) para cada relación estudiada. Considerando el N° de flores hermafroditas y su relación con el rendimiento, peso de mil granos y N° de granos se puede apreciar que la variable N° de flores hermafroditas influye en el rendimiento en un 94.4%, en el peso de mil granos en un 10.9% y en el número de granos en un 95.6 %. Por otro lado, el N° de flores pistiladas influye en el rendimiento en un 1.84%, en el peso de mil granos en un 69.02% y en el N° de granos en un 3.8%.

En la Tabla N° 16 se puede apreciar que a través del análisis de causa y efecto se demostró que los efectos directos de las flores hermafroditas sobre el rendimiento y N° de granos/planta fueron altos y positivos; para el primero se obtuvo un valor de  $P= 0.972$  y para el segundo se obtuvo un valor de  $P= 0.978$ , mientras que el valor del efecto directo sobre el peso de mil granos fue bajo ( $P= 0.331$ ), asimismo se observa que el efecto indirecto vía N° de granos/planta fue muy pequeño 0.0055. Por otra parte, los efectos directos de las flores pistiladas sobre el rendimiento y N° de granos/planta no son valores altos y lo mismo sucede con los valores de sus efectos indirectos. Solamente se rescata el efecto directo sobre el peso de 1000 granos cuyo valor es alto y negativo ( $P= -0.83$ ).

**Tabla 13 Rendimiento (g/planta) y peso de 1000 granos (g) de la variedad Rosada de Huancayo. La Molina 2016.**

	<b>Rendimiento (g/planta)</b>	<b>Peso de 1000granos (g)</b>
<b>1</b>	16.72	2.67
<b>2</b>	14.37	2.84
<b>3</b>	31.01	3.25
<b>4</b>	28.94	2.59
<b>5</b>	14.22	3.01
<b>6</b>	24.18	2.15
<b>7</b>	15.47	2.19
<b>8</b>	12.49	2.29
<b>9</b>	14.77	3.05
<b>10</b>	13.01	2.34
<b>11</b>	15.82	2.27
<b>12</b>	10.05	2.23
<b>13</b>	13.93	2.49
<b>14</b>	10.58	2.33
<b>15</b>	18.10	1.10
<b>16</b>	25.02	3.33
<b>Promedio</b>	<b>17.42</b>	<b>2.56</b>
<b>CV (%)</b>	<b>36.67</b>	<b>16.22</b>

**Tabla 14 Coeficientes simples de correlación (r) fenotípica entre el N° de flores hermafroditas y pistiladas de la inflorescencia y los componentes de rendimiento de la var. ROSADA DE HUANCAYO. La Molina 2016.**

	<b>Rendimiento/ planta</b>	<b>Granos/ planta</b>	<b>Peso1000granos</b>	<b>Flores hermafroditas / planta</b>	<b>Flores pistiladas / planta</b>
<b>Rendimiento/ planta</b>	1.0000000	0.939955***	0.223278(ns)	0.9717569***	0.1358988(ns)
<b>Granos/ planta</b>		1.0000000	-0.08962(ns)	0.9775451***	0.1945669(ns)
<b>Peso1000granos</b>			1.0000000	0.3312624(ns)	-0.8307919***
<b>Flores hermafrodita/ plantas</b>				1.0000000	
<b>Flores pistiladas/ planta</b>					1.0000000

Nivel de significancia: 0 ‘\*\*\*’ 0.001 ‘\*\*’ 0.01 ‘\*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘.’ 1

**Tabla 15 Coeficientes de determinación (R<sup>2</sup>) entre el N° de flores hermafroditas y pistiladas de la inflorescencia y los componentes de rendimiento de la var. ROSADA DE HUANCAYO. La Molina 2016.**

	<b>Flores Hermafroditas / planta</b>	<b>Flores pistiladas / planta</b>
<b>Rendimiento/ planta</b>	0.9443	0.01847
<b>Peso de 1000 granos</b>	0.1097	0.6902
<b>Número de granos/ planta</b>	0.9556	0.03786

**Tabla 16 Efecto directo e indirecto del N° de flores hermafroditas y pistiladas en el rendimiento y los componentes de rendimiento de la var. ROSADA DE HUANCAYO. La Molina 2016.**

Vía de asociación	Efecto directo	Efecto indirecto	Coefficiente de correlación
<b>Flor hermafrodita vs rendimiento</b>			0.9718
<b>Efecto directo</b>	0.972		
<b>Efecto indirecto vía número de granos por panícula</b>		0.843	
<b>Efecto indirecto vía peso de 1000 granos</b>		0.0055	
<b>Flor hermafrodita vs número de granos por panícula</b>			0.9775
<b>Efecto directo</b>	0.978		
<b>Flor hermafrodita vs peso de 1000 granos</b>			0.3313
<b>Efecto directo</b>	0.331		
<b>Efecto indirecto vía número de granos por panícula</b>		0.0077	
<b>Flor pistilada vs rendimiento</b>			0.1359
<b>Efecto directo</b>	0.136		
<b>Efecto indirecto vía número de granos por panícula</b>		0.0335	
<b>Efecto indirecto vía peso de 1000 granos</b>		0.0344	
<b>Flor pistilada vs número de granos por panícula</b>			0.1946
<b>Efecto directo</b>	0.195		
<b>Flor pistilada vs peso de 1000 granos</b>			-0.8303
<b>Efecto directo</b>	-0.83		
<b>Efecto indirecto vía número de granos por panícula</b>		0.0003	

## **VARIEDAD AMARILLA SACACA**

En la Tabla N° 17 muestra los datos obtenidos de las variables dependientes: rendimiento (g/planta) y peso de 1000 granos (g), las cuales fueron empleadas para la obtención de los coeficientes de correlación y de determinación.

En la Tabla N° 18 se muestra los resultados obtenidos de la correlación entre los tipos de flores hermafroditas y pistiladas y los componentes de rendimiento. Para N° de flores hermafroditas se encontró correlación positiva altamente significativa con rendimiento, N° de granos /planta y correlación positiva significativa con el peso de mil granos. Por otro lado, para flores pistiladas se encontró una correlación negativa significativa con rendimiento, N° de granos/planta y peso de mil granos.

En la Tabla N°19 se presentan los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) para cada relación estudiada. Considerando el N° de flores hermafroditas y su relación con el rendimiento, peso de mil granos y N° de granos se puede apreciar que la variable N° de flores hermafroditas influye en el rendimiento en un 97.4%, en el peso de mil granos en un 38.1% y en el número de granos en un 98.8 %. Por otro lado, el N° de flores pistiladas influye en el rendimiento en un 37.7%, en el peso de mil granos en un 44.6% y en el N° de granos en un 27.4%.

En la Tabla N° 20 se puede apreciar que a través del análisis de causa y efecto se demostró que los efectos directos de las flores hermafroditas sobre el rendimiento y el N° de granos/planta fueron altos y positivos, para la primera vía se asociación se obtuvo un valor de  $P=0.987$  y para la segunda fue  $P=0.994$ , asimismo el valor obtenido para el componente peso de 1000 granos fue moderadamente alto  $P=0.618$ . Por otra parte, los efectos directos de las flores pistiladas sobre el rendimiento, N° de granos/planta y peso de 1000 granos fueron  $P=-0.61$ ,  $P=-0.524$  y  $P=-0.668$ , respectivamente.

**Tabla 17 Rendimiento (g/planta) y peso de 1000 granos (g) de la variedad Amarilla Sacaca. La Molina 2016.**

	<b>Rendimiento (g/planta)</b>	<b>Peso de 1000 granos (g)</b>
<b>1</b>	13.65	2.65
<b>2</b>	19.10	3.33
<b>3</b>	25.76	3.52
<b>4</b>	12.33	3.04
<b>5</b>	20.57	3.45
<b>6</b>	9.59	2.81
<b>7</b>	18.27	3.58
<b>8</b>	14.45	3.22
<b>9</b>	9.20	2.74
<b>10</b>	11.32	3.24
<b>11</b>	10.54	3.07
<b>12</b>	12.70	3.39
<b>13</b>	18.67	3.32
<b>14</b>	21.77	3.27
<b>15</b>	19.15	2.98
<b>16</b>	17.45	3.34
<b>17</b>	16.82	3.26
<b>Promedio</b>	<b>15.96</b>	<b>3.19</b>
<b>CV (%)</b>	<b>29.53</b>	<b>8.47</b>

**Tabla 18 Coeficientes simples de correlación (r) fenotípica entre el N° de flores hermafroditas y pistiladas de la inflorescencia y los componentes de rendimiento de la var. AMARILLA SACACA. La Molina 2016.**

	<b>Rendimiento / planta</b>	<b>Granos/ planta</b>	<b>Peso1000granos</b>	<b>Flores hermafroditas / planta</b>	<b>Flores pistiladas / planta</b>
<b>Rendimiento/ planta</b>	1.0000000	0.982748***	0.639716*	0.9869687***	-0.6096974*
<b>Granos/ planta</b>		1.0000000	0.4824(ns)	0.9941071***	-0.5240924*
<b>Peso1000granos</b>			1.0000000	0.6176139*	-0.6680414*
<b>Flores hermafroditas/ planta</b>				1.0000000	
<b>Flores pistiladas/ planta</b>					1.0000000

Nivel de significancia: 0 ‘\*\*\*’ 0.001 ‘\*\*’ 0.01 ‘\*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

**Tabla 19 Coeficientes de determinación (R<sup>2</sup>) entre el N° de flores hermafroditas y pistiladas de la inflorescencia y los componentes de rendimiento de la var. AMARILLA SACACA. La Molina 2016.**

	<b>Flores Hermafroditas/ planta</b>	<b>Flores pistiladas/ planta</b>
<b>Rendimiento/ planta</b>	0.9741	0.3717
<b>Peso de 1000 granos</b>	0.3814	0.4463
<b>Número de granos/ planta</b>	0.9882	0.2747

**Tabla 20 Efecto directo e indirecto del N° de flores hermafroditas y pistiladas en el rendimiento y los componentes de rendimiento de la var. AMARILLA SACACA. La Molina 2016.**

<b>Vía de asociación</b>	<b>Efecto directo</b>	<b>Efecto indirecto</b>	<b>Coefficiente de correlación</b>
<b>Flor hermafrodita vs rendimiento</b>			0.987
<b>Efecto directo</b>	0.987		
<b>Efecto indirecto vía número de granos por panícula</b>		0.9545	
<b>Efecto indirecto vía peso de 1000 granos</b>		0.1563	
<b>Flor hermafrodita vs número de granos por panícula</b>			0.9941
<b>Efecto directo</b>	0.994		
<b>Flor hermafrodita vs peso de 1000 granos</b>			0.6176
<b>Efecto directo</b>	0.618		
<b>Efecto indirecto vía número de granos por panícula</b>		0.2298	
<b>Flor pistilada vs rendimiento</b>			-0.6097
<b>Efecto directo</b>	-0.61		
<b>Efecto indirecto vía número de granos por panícula</b>		0.2653	
<b>Efecto indirecto vía peso de 1000 granos</b>		0.1827	
<b>Flor pistilada vs número de granos por panícula</b>			-0.5241
<b>Efecto directo</b>	-0.524		
<b>Flor pistilada vs peso de 1000 granos</b>			-0.668
<b>Efecto directo</b>	-0.668		
<b>Efecto indirecto vía número de granos por panícula</b>		0.0639	

En general se encontró una alta correlación positiva entre la variable número de flores hermafroditas y número de granos por planta en cada una de las variedades analizadas. Los coeficientes de correlación reflejan una alta relación; por ejemplo, el mínimo coeficiente de correlación fue 0.9112 para la var. INIA 431 Altiplano y el valor más alto 0.9941 le corresponde a la var. Amarilla Sacaca. Bertero et al. (1996) informa de valores similares a los obtenidos, en un estudio que encontró un coeficiente ( $r$ ) de 0.9592 y un  $R^2=0.92$ ; entre la variable número de granos por glomérulo y la posición de este.

Por otro lado, considerando el número de flores pistiladas y el componente número de granos para cada una de las variedades analizadas los valores son diferentes y ello también se manifiesta en los efectos totales de las flores pistiladas. Las variedades INIA Salcedo y INIA 431 Altiplano presentaron valores positivos altos de correlación, mientras que la Rosada de Huancayo tuvo un bajo coeficiente de correlación, y ello se refleja en el bajo efecto directo  $P = 0.134$ , es decir el carácter número de flores pistiladas no influyó en el componente número de granos por panoja. Por otro lado, la var. Amarilla Sacaca tuvo un coeficiente negativo  $r = -0.5340$  y un efecto directo negativo. La diferencia en el grado de correlación puede ser explicada por la proporción de ambas flores. Las variedades Rosada de Huancayo y Amarilla Sacaca poseen una inflorescencia tipo X. Bhargava et al. (2007b) menciona que este tipo de inflorescencia posee un 48.9% de flores hermafroditas, por ende, su efecto sobre el número de granos fue mayor y ello se refleja con los coeficientes de determinación hallados de 98.82% y 95.56% respectivamente. El coeficiente de correlación de la var. Amarilla Sacaca fue negativo con  $R^2$  igual a 27.47%, el cual es explicado por el número de flores pistiladas.

Existe variación significativa del componente peso de 1000 granos entre las variedades analizadas. Los resultados reflejan una correlación significativa y negativa entre el número de flores pistiladas y peso de 1000 granos para las cuatro variedades. En todas las asociaciones propuestas para determinar su relación; la var. Amarilla Sacaca presentó el menor coeficiente ( $r = -0.668$ ) y al disgregarlo en sus efectos directos e indirectos; se logró determinar que posee un efecto directo alto  $P = -0.668$  y un efecto indirecto muy pequeño de

0.0639 no siendo influyente en la relación, mientras que la var. INIA 431 Altiplano tuvo el mayor coeficiente de correlación ( $r = -0.9231$ ) y con efecto directo negativo ( $P = -0.923$ ).

### **OBJETIVO 3: DETERMINACIÓN DE LA VARIACIÓN DEL TAMAÑO DE GRANO Y SU RELACIÓN CON EL TIPO DE ARREGLO DICASIAL EN LA INFLORESCENCIA DE CUATRO VARIEDADES DE QUINUA.**

Los tamices con perforaciones de diámetros mayores a 2.2. mm permiten separar los granos clasificados como extra grandes, los de 2 mm permite separar a los granos grandes, los tamices con perforaciones de 1.7 mm permiten separar los granos medianos y los de 1.4 mm permiten separar los granos pequeños. Considerando la proporción de estos tamaños de granos se determinó la variación del tamaño de grano y su relación con el tipo de arreglo dicasial en la inflorescencia de cuatro variedades de quinua.

#### **VARIEDAD INIA SALCEDO**

La variedad INIA Salcedo presenta un tipo de inflorescencia IX. Los tamaños de los granos fueron un 12.5% de granos grandes y un 87.5% de granos pequeños.

La Prueba de Independencia de la variable tamaño de granos, encontró que a un nivel de significancia de 1%, el tipo de inflorescencia está relacionado con el tamaño de grano (Cuadro N° 21).

#### **VARIEDAD INIA 431 ALTIPLANO**

La variedad INIA 431 Altiplano con tipo de inflorescencia V, presentó un 100% de granos tamaño grande. La Prueba de Independencia de la variable tamaño de granos encontró que a un nivel de significancia de 1%, el tipo de inflorescencia está relacionado con el tamaño de grano (Tabla N° 21).

#### **VARIEDAD ROSADA DE HUANCAYO**

La variedad Rosada de Huancayo como el tipo X de inflorescencia presentó un 12.5% de granos de tamaño grande y un 87.5% de granos de tamaño mediano. La Prueba de Independencia para la variable tamaño de granos encontró que a un nivel de significancia de 1%, el tipo de inflorescencia está relacionado con el tamaño de grano (Tabla N° 21).

## VARIEDAD AMARILLA SACACA

La inflorescencia de la variedad Amarilla Sacaca clasificada como tipo X presentó un 76.5% de granos clasificados como grandes y un 23.5% como medianos. La Prueba de Independencia con la variable tamaño de granos, encontró que a un nivel de significancia de 1%, el tipo de inflorescencia está relacionado con el tamaño de grano (Tabla N° 21).

**Tabla 21. Prueba de Chi-Cuadrado para determinar la relación del tamaño de granos y el tipo de arreglo dicásial en la inflorescencia de la Var. INIA Salcedo, Va. INIA 431 ALTIPLANO, Var Rosada de Huancayo y Variedad Amarilla Sacaca. La Molina 2016.**

	Var. INIA Salcedo	Var. INIA 431 Altiplano	Var. Rosada de Huancayo	Var. Amarilla Sacaca
<b>Tipo de arreglo dicásial</b>	“IX”	“V”	“X”	“X”
<b>Tamaño de granos</b>				
Extra grande	0	0	0	0
Grande	12.50%	100%	12.50%	76.47%
Mediano	87.50%	0	87.50%	23.53%
Pequeños	0	0	0	0
<b>Prueba de Chi-cuadrado</b>				
<b>X-cuadrado</b>	34	45	34	26.529
<b>Grados de libertad</b>	3	3	3	3
<b>p-valor</b>	1.98E-07	9.25E-10	1.98E-07	7.39E-06

Previas investigaciones realizadas por Telleria y Ballón (1976) sobre los componentes de rendimiento y su relación con el rendimiento establecen que entre el diámetro del grano y su espesor poseen un coeficiente (r) de 0.907 y 0.846 respectivamente. Investigaciones previas establecen que las flores que tiene la quinua poseen un determinado diámetro, en el caso de las pistiladas; según Bhargava et al. (2007b) tienen un diámetro no mayor a 1mm. Debido a que el dato no contempla si las semillas analizadas poseen un diámetro menor o igual a 1mm, entonces el resultado obtenido por Telleria y Ballón (1976) sobre el diámetro del grano y su relación con el rendimiento genera una alta correlación. En ese sentido, el diámetro de las flores hermafroditas serían las que más aportarían al rendimiento; pero en base a los resultados encontrados, esto se cumple para la var. Amarilla Sacaca que obtuvo un

coeficiente de correlación positivo de 0.6176; básicamente por el tipo X de inflorescencia y por presentar una mayor proporción de granos de tamaño grande (diámetro superior a 1.7mm). Sin embargo, esta asociación presentó un coeficiente de determinación que solamente explica un 38.14% de la variabilidad.

Por otra parte, las correlaciones entre las flores hermafroditas y el peso de 1000 granos no fue significativo y el mismo patrón se observó a través del análisis de causa y efecto, cuyos efectos directos e indirectos son muy bajos para las variedades INIA 431 Altiplano y Rosada de Huancayo, a excepción de las otras dos variedades. Delgado y Palacios (2009) y Telleria y Ballón (1976) en sus investigaciones al asociar el peso de 1000 granos con el rendimiento obtuvieron resultados diferentes; el primero obtuvo un  $r= 0.647$  y el segundo un valor de  $r= 0.156$ ; la diferencia entre ambos datos se atribuye a que el componente peso de 1000 granos varía según la variedad y ello implica las características de la inflorescencia. Aguilar (1980) obtuvo coeficientes de correlación significativa no menor a 0.76 y 0.758, cuando asoció el peso de los granos con el diámetro y la longitud de la panoja.

Se encontró dependencia del tamaño de grano con el tipo de arreglo dicasio en la inflorescencia de las cuatro variedades analizadas. La relación existente entre la disposición de las flores en el dicasio y la variación del tamaño del grano revela que la proporción de flores hermafroditas y pistiladas influyen en el rendimiento, en especial las flores hermafroditas. Sin embargo, tal como menciona Egly (2017) es crucial tener en cuenta que la semilla es un componente integral del rendimiento y está sujeto a variaciones de número de semillas y su respectivo tamaño. Éste último es un componente muy complejo y estudios sobre su influencia en el rendimiento muestran que su relación es baja, como lo determinó Mhada et al. (2014), quien obtuvo una correlación  $r= -0.22$ . En investigaciones en cultivos de grano (trigo y soya) obtuvieron resultados que evidenciaron bajos nivel de correlación 0.55 y 0.45, respectivamente (Seed biology of seed and yield of grain crops, 2017).

## V. CONCLUSIONES

### OBJETIVO 1

La variedad INIA Salcedo presenta un arreglo dicasial tipo IX y una proporción de flores hermafroditas que varía de 78.3 al 98.4% del total de flores de la inflorescencia. INIA 431 Altiplano presenta el arreglo dicasial V y una proporción de flores hermafroditas que varía de 55.1 al 79.6% del total de flores de la variedad. Rosada de Huancayo presenta el arreglo dicasial X y una proporción de flores hermafroditas que varía de 71 al 97.8% del total de flores de la variedad. Amarilla Sacaca presenta el arreglo dicasial X y una proporción de flores hermafroditas que varía de 89.3 al 99.2% del total de flores de la variedad.

### OBJETIVO 2

El N° de flores hermafroditas influyó en el rendimiento en un 95.9%, 95.3%, 94.4% y 97.4%; en el peso de mil granos en un 72.1%, 2.8%, 10.9 y 38.1% y en el N° de granos en 95.3%, 83.04, 95.6% y 98.8% para las variedades INIA Salcedo, INIA 431 Altiplano, Rosada de Huancayo y Amarilla Sacaca; respectivamente. En general se encontró una alta correlación positiva entre la variable número de flores hermafroditas y número de granos por planta en cada una de las variedades analizadas

El N° de flores pistiladas influyó en el rendimiento en un 16.06%, 14.42%, 1.84% y 37.7%; en el peso de mil granos en un 53.8%, 85.2%, 69.02 y 44.6% y en el N° de granos en 67.7%, 52.2, %, 3.8% y 27.4% para las variedades INIA Salcedo, INIA 431 Altiplano, Rosada de Huancayo y Amarilla Sacaca; respectivamente. Los resultados reflejan una correlación significativa y negativa entre el número de flores pistiladas y peso de 1000 granos para las cuatro variedades.

### **OBJETIVO 3**

La disposición de los dos tipos de flores (hermafroditas y pistiladas) en el dicasio influyen en el tamaño de granos de las ramificaciones de la inflorescencia. Las variedades estudiadas presentan dos tamaños de grano mediano y grande. Predominando los granos medianos en las variedades Rosada de Huancayo e INIA Salcedo, mientras que los granos grandes predominan en las variedades Amarilla Sacaca e INIA 431 Altiplano.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Desarrollar una metodología que permita el contaje de flores hermafroditas y pistiladas sin interferencia de oxalatos de calcio, puesto que no permite una buena visibilidad de las flores en especial de las flores pistiladas, debido a que su tamaño es muy pequeño.

## VII. REVISION BIBLIOGRAFICA

- Aguilar, P. 1980. Identificación de Mecanismos de Androesterilidad, Componentes de Rendimiento y Contenido Proteico en la Quinoa, (*Chenopodium quinoa* Willd). Tesis Ing. Agr. Lima, Perú. UNALM. 94 p.
- Ainsworth, C. 2006. Flowering and its manipulation. Kent, UK. Blackwell. p. 117-120.
- Avise, J. 1893. Hermaphroditism: A Primer on the Biology, Ecology, and Evolution of the Dual Sexuality (en línea). New York. Consultado el 26 de set. 2017. Disponible en <https://books.google.com.pe/books?id=jqiR8C0IEckC&pg=PA52&dq=gynomonoecy&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjOxK35qMPWAhWMKyYKHSofAFgQ6AEINTAC#v=onepage&q=gynomonoecy&f=false>.
- Barnett, AM. 2005. Efectos de la fertilización nitrogenada en el rendimiento de tres variedades de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo riego por goteo. Tesis Ing. Agrónomo. Lima-Perú. UNALM. 138 p.
- Barriga B., P. ANALISIS DE CAUSA Y EFECTO PARA RENDIMIENTO Y COMPONENTES DEL RENDIMIENTO EN TRIGO DE PRIMAVERA. *Agro sur*. [online]. 1974, vol.2, no.1 [citado 26 Enero 2017], p.01-05. Disponible en la World Wide Web: [http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0304-88021974000100001&lng=es&nrm=iso](http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-88021974000100001&lng=es&nrm=iso). ISSN 0304-8802.
- Berdugo, J. 2014. Antología de la quinoa en Boyacá y su papel en el desarrollo rural. Caso: Municipio de Tuta. Tesis Ing. Agr. UNAD. 190 p.
- Bertero, D; Medan, D; Hall, AJ. 1996. Changes in Apical Morphology during Floral Initiation and Reproductive Development in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.).
- Bertin, RI; Kerwin, MA. 1998. Floral sex ratios and gynomonoecy in Aster (Asteraceae). *Amer. J. Bot.* 85: 235–244.
- Bhargava, A; Srivastava, S. 2013. Quinoa: Botany, Production and Uses. India.

- Bhargava, A; Shukla, S; Ohri, D. 2007. Gynomonoecey in *Chenopodium quinoa* (Chenopodiaceae): variation in inflorescence and floral types in some accessions. *Revista Versita* 1:19-23.
- Bhargava, A; Shukla, S; Ohri, D. 2006. *Chenopodium quinoa*-An Indian perspective. *Industrial Crops and Products* 23: 73-87.
- Convención Internacional de Quenopodiáceas (II, 1976, Bolivia). 1976. Componentes de Rendimiento en Quinoa. W. Telleria y M. Ballón. Potosí, Bolivia. IICA. 230 p.
- Delgado, P; Palacios, C; Betancourt, C. (2009). Evaluación de 16 genotipos de quinoa dulce (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el municipio de Iles, Nariño (Colombia). *Agronomía Colombiana*, 27(2), 159-167. Recuperado de <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/11125/37760>.
- Egli, DB. 2017. Seed biology and yield of grain crops. 2 ed. Boston, USA. CAB International. p. 1-135.
- Gandarillas, H. 1979. Mejoramiento Genético. In *In* M.E. Tapia (ed.). Quinoa y Kaniwa. Cultivos Andinos, M. Tapia, H. Gandarillas; S. Alandia, A. Cardozo, A. Mujica, R. Ortiz, V. Otazu, J. Rea, B. Salas y E. Zanabria (autores). Centro Internacional para el Desarrollo, Bogotá, Colombia. p. 65-82
- Gómez, L; Aguilar, E. 2016. Guía del Cultivo de la Quinoa. 2 ed. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. p 1-113.
- IICA (Instituto Interamericano de Ciencia Agrícolas). 1976. II Convención Internacional de Quenopodiáceas: Quinoa-Cañahua. Potosí, Bolivia. 206 p.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2015. El Mercado y la Producción de Quinoa en el Perú.
- IPGR (Instituto Nacional de Recursos Filogenéticos). 2003. Análisis Estadísticos de Datos de Caracterización Morfológicas de Recursos Filogenéticos. Ed. TL Franco; R Hidalgo. Boletín técnico no. 8. Cali, Colombia. 89 p.
- Jacobsen, S; Stolen, O. 1993. Quinoa - Morphology, phenology and prospects for its production as a new crop in Europe. *Journal of Agronomy* 2: 19-29
- Jacobsen, SE. 2003. The worldwide potential for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) *Food Rev. Int.* 19:167-177.

- Leon, J. 1964. "Plantas Alimenticias," Bol. Tee. No.6. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas-Zona Andina, Lima, Peru Mujica, A. 1997. Cultivo de Quinoa. INIA. Serie Manual RI, No. 1-97. Instituto Nacional de Investigación Agraria, Dirección General de Investigación Agraria. Lima, Perú.130 p.
- León, J. 2003. Cultivo de la Quinoa en Puno-Perú: DESCRIPCION, MANEJO Y PRODUCCION. Puno, Perú. 9-10.
- León, R. 2014. Respuesta del cultivo de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) línea mutante La Molina 89-77 a tres regímenes de riego en condiciones de La Molina. Tesis Ing, Agrónomo. Lima –Perú. UNALM. 106 p
- Mhada, M; Jellen, EN; Jacobsen, SE; Benlhabib, O. 2014. Diversity Analysis of a Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Germplasm during Two Seasons. International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering 8(3): 273-276.
- Mujica, A; Canahua, A. 1989. Fases fenológicas del cultivo de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), in Curso Taller. Fenología de Cultivos Andinos y Uso de Información Agrometeorológica, INIAA, Puno, Perú. pp 23-27.
- Mujica, A. 1997. Cultivo de Quinoa. Lima. Instituto Nacional de Investigación Agraria. 130 p.
- Mujica, A; Jacobsen, S; Izquierdo, J; Marathee, J. (Editores).2001 Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.); Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro FAO. Santiago de Chile.
- Mujica, A. 2004. La quínoa Indígena, características e historia. In: Sepúlveda, J., Thomet, M.I., Palazuelos, F. and Mujica, A. (eds) La Kinwa Mapuche, Recuperación de un Cultivo para la Alimentación. Fundación para la Innovación Agraria, Ministerio de Agricultura Temuco, Chile, pp. 22–42.
- Parodi, P; Patterson, F; Nyquist, W. 1970. Interrelaciones entre los componentes principales y secundarios de rendimiento en trigo, *Triticum estivum* L. Fitotecnia Latinoamericana 7: 1-15.
- Pastor, S; Fuentealba, B; Ruiz, M. 2006. Cultivos Subutilizados en el Perú: análisis de las políticas públicas relativas a su conservación y uso sostenible. Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (SPDA). Perú. 8-11.

- Pérez, E; Medrano, L; Sánchez Rosas, J. 2013. El Path Analysis: conceptos básicos y ejemplos de aplicación. Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento 5(1): 52-66.
- Steel, R; Torrie, J. 1960. Principles and Procedures of Statistics. McGraw Hill, New York. 481 p
- Tapia, M; Gandarillas, H; Alandia, S; Cardozo, A; Mujica, A. 1979. Quinoa y la Kañiwa: cultivos andinos. IICA (Instituto Internacional de Cooperación para la Agricultura). Bogota. 11-20.

## VIII. ANEXOS

### Anexo 1 Análisis de regresión entre la variable número de flores hermafroditas y rendimiento de la var. INIA Salcedo.

Coeficientes:				
	Estimado	Std. Error	t valor	Pr(> t )
(Intercepto)	1.0292695	0.8374747	1.229	0.245
Flores hermafroditas	0.0029586	0.0001827	16.195	5.07e-09 ***
Nivel de significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Residual error estándar: 0.7012 en 11 grados de libertad				
Múltiple R-cuadrado: 0.9597, R-cuadrado ajustado: 0.9561				
F-estadístico: 262.3 en 1 y 11 GL, p-valor: 5.073e-09				

### Anexo 2 Análisis de variancia entre la variable número de flores hermafroditas y rendimiento de la var. INIA Salcedo.

Análisis de Varianza					
Respuesta: Rendimiento					
	GL	S.C.	C.M.	F valor	Pr(>F)
Flores hermafroditas	1	128.960	128.960	262.27	5.073e-09 ***
Residuales	11	5.409	0.492		
Nivel de significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

### Anexo 3 Análisis de regresión entre la variable número de flores hermafroditas y número de granos por planta de la var. INIA Salcedo.

Coeficientes:				
	Estimado	Std. Error	t valor	Pr(> t )
(Intercepto)	-1.057e+03	4.253e+02	-2.486	0.0303 *
Flores hermafroditas	1.341e+00	8.934e-02	15.015	1.13e-08 ***
Nivel de significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Error Residual estándar: 308.2 en 11 grados de libertad				
Múltiple R-cuadrado: 0.9535, R-cuadrado ajustado: 0.9493				
F-estadístico: 225.5 en 1 y 11 GL, p-valor: 1.128e-08				

**Anexo 4 Análisis de variancia entre la variable número de flores hermafroditas y número de granos por planta de la var. INIA Salcedo.**

Análisis de Varianza					
Respuesta: Número de granos por planta					
	GL	S.C.	C.M.	F valor	Pr(>F)
Flores hermafroditas	1	21414065	21414065	225.46	1.128e-08 ***
Residuales	11	1044790	94981		
Nivel de significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

**Anexo 5 Análisis de regresión entre la variable número de flores hermafroditas y peso de 1000 granos de la var. INIA Salcedo.**

Coeficientes:				
	Estimado	Std. Error	t valor	Pr(> t )
(Intercepto)	3.7999787	0.1645376	23.095	1.14e-10 ***
Flores hermafroditas	-0.0001858	0.0000348	-5.338	0.000238 ***
Nivel de Significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Error Residual estándar: 0.1301 en 11 grados de libertad				
Múltiple R-cuadrado: 0.7215, Ajustado R-cuadrado: 0.6962				
F-estadístico 28.49 en 1 y 11 DF, p-valor: 0.0002381				

**Anexo 6 Análisis de variancia entre la variable número de flores hermafroditas y peso de 1000 granos de la var. INIA Salcedo.**

Análisis de Varianza					
Respuesta: Peso de 1000 granos					
	GL	S.C.	C.M.	F valor	Pr(>F)
Flores hermafroditas	1	0.48246	0.48246	28.494	0.0002381 ***
Residuales	11	0.18625	0.01693		
Nivel de Significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

**Anexo 7 Análisis de regresión entre la variable número de flores pistiladas y rendimiento de la var. INIA Salcedo.**

Coeficientes:				
	Estimado	Std. Error	t valor	Pr(> t )
(Intercepto)	13.357833	1.512133	8.834	4.24e-07 ***
Flores pistiladas	0.002812	0.001719	1.636	0.124
Nivel de Significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Error Residual estándar: 3.637 en 14 grados de libertad				
Múltiple R-cuadrado: 0.1605, Ajustado R-cuadrado: 0.1005				
F-estadístico: 2.676 en 1 y 14 GL, p-valor: 0.1241				

**Anexo 8 Análisis de regresión entre la variable número de flores pistiladas y número de granos por planta de la var. INIA Salcedo.**

Coeficientes:				
	Estimado	Std. Error	t valor	Pr(> t )
(Intercepto)	4150.0606	338.4623	12.262	9.32e-08 ***
Flores pistiladas	2.3498	0.4886	4.809	0.000546 ***
Nivel de Significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Error Residual estándar: 746.9 en 11 grados de libertad				
Múltiple R-cuadrado: 0.6777, Ajustado R-cuadrado: 0.6484				
F-estadístico: 23.13 en 1 y 11 GL, p-valor: 0.0005455				

**Anexo 9 Análisis de variancia entre la variable número de flores pistiladas y número de granos por planta de la var. INIA Salcedo.**

Análisis de Varianza					
Respuesta: Número de granos por planta					
	GL	S.C.	C.M.	F valor	Pr(>F)
Flores pistiladas	1	12900556	12900556	23.125	0.0005455 ***
Residuales	11	6136406	557855		
Nivel de Significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

**Anexo 10 Análisis de regresión entre la variable número de flores pistiladas y peso de 1000 granos de la var. INIA Salcedo.**

Coeficientes:				
	Estimado	Std. Error	t valor	Pr(> t )
(Intercepto)	3.1392483	0.0717290	43.765	1.32e-14 ***
Flores pistiladas	-0.0003749	0.0001002	-3.742	0.00281 **
Nivel de Significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Error Residual estándar: 0.1584 en 12 grados de libertad				
Múltiple R-cuadrado: 0.5385, Ajustado R-cuadrado: 0.5				
F-estadístico: 14 en 1 y 12 GL, p-valor: 0.002814				

**Anexo 11 Análisis de variancia entre la variable número de flores pistiladas y peso de 1000 granos de la var. INIA Salcedo.**

Análisis de Varianza					
Response: Peso de 1000granos					
	GL	S.C.	C.M.	F valor	Pr(>F)
Flores pistiladas	1	0.35146	0.35146	13.999	0.002814 **
Residuales	12	0.30126	0.02511		
Nivel de Significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

**Anexo 12 Análisis de regresión entre la variable número de flores hermafroditas y rendimiento de la var. INIA 431 Altiplano.**

Coeficientes:				
	Estimado	Std. Error	t valor	Pr(> t )
(Intercepto)	2.3516748	1.1372457	2.068	0.0655 .
Flores hermafroditas	0.0046199	0.0003211	14.387	5.22e-08 ***
Nivel de Significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Error Residual estándar: 0.875 en 10 grados de libertad				
Múltiple R-cuadrado: 0.9539, Ajustado R-cuadrado: 0.9493				
F-estadístico: 207 en 1 y 10 GL, p-valor: 5.218e-08				

**Anexo 13 Análisis de varianza entre la variable número de flores hermafroditas y rendimiento de la var. INIA 431 Altiplano.**

Análisis de Varianza					
Respuesta: Rendimiento					
	GL	S.C.	C.M.	F valor	Pr(>F)
Flores hermafroditas	1	158.453	158.453	206.98	5.218e-08 ***
Residuales	10	7.656	0.766		
Nivel de Significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

**Anexo 14 Análisis de regresión entre la variable número de flores hermafroditas y número de granos por planta de la var. INIA 431 Altiplano.**

Coeficientes:				
	Estimado	Std. Error	t valor	Pr(> t )
(Intercepto)	1402.8408	522.6308	2.684	0.0229 *
Flores hermafroditas	1.0444	0.1493	6.997	3.73e-05 ***
Nivel de Significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Error Residual estándar: 396.6 en 10 grados de libertad				
Múltiple R-cuadrado: 0.8304, Ajustado R-cuadrado: 0.8134				
F-estadístico: 48.96 en 1 y 10 GL, p-valor: 3.727e-05				

**Anexo 15 Análisis de varianza entre la variable número de flores hermafroditas y número de granos por planta de la var. INIA 431 Altiplano.**

Análisis de Varianza					
Respuesta: Número de granos por planta					
	GL	S.C.	C.M.	F valor	Pr(>F)
Flores hermafroditas	1	7703139	7703139	48.964	3.727e-05 ***
Residuales	10	1573212	157321		
Nivel de Significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

**Anexo 16 Análisis de regresión entre la variable número de flores hermafroditas y peso de 1000 granos de la var. INIA 431 Altiplano.**

Coeficientes:				
	Estimado	Std. Error	t valor	Pr(> t )
(Intercepto)	3.516e+00	2.250e-01	15.627	2.36e-08 ***
Flores hermafroditas	3.441e-05	6.398e-05	0.538	0.602
Nivel de Significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Error Residual estándar: 0.1664 en 10 grados de libertad				
Múltiple R-cuadrado: 0.02812, Ajustado R-cuadrado: -0.06907				
F-estadístico: 0.2894 en 1 y 10 GL, p-valor: 0.6024				

**Anexo 17 Análisis de regresión entre la variable número de flores pistiladas y rendimiento de la var. INIA 431 Altiplano.**

Coeficientes:				
	Estimado	Std. Error	t valor	Pr(> t )
(Intercepto)	13.321882	3.210553	4.149	0.00135 **
Flores pistiladas	0.002816	0.001980	1.422	0.18050
Nivel de Significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Error Residual estándar: 3.383 en 12 grados de libertad				
Múltiple R-cuadrado: 0.1442, Ajustado R-cuadrado: 0.07289				
F-estadístico: 2.022 en 1 y 12 GL, p-valor: 0.1805				

**Anexo 18 Análisis de regresión entre la variable número de flores pistiladas y número de granos por planta de la var. INIA 431 Altiplano.**

Coeficientes:				
	Estimado	Std. Error	t valor	Pr(> t )
(Intercepto)	2885.2641	610.2975	4.728	0.000395 ***
Flores pistiladas	1.3140	0.3489	3.766	0.002353 **
Nivel de Significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Error Residual estándar: 773.4 en 13 grados de libertad				
Múltiple R-cuadrado: 0.5218, Ajustado R-cuadrado: 0.485				
F-estadístico: 14.19 en 1 y 13 GL, p-valor: 0.002353				

**Anexo 19 Análisis de varianza entre la variable número de flores pistiladas y número de granos por planta de la var. INIA 431 Altiplano.**

Análisis de Varianza					
Respuesta: Número de granos por planta					
	GL	S.C.	C.M.	F valor	Pr(>F)
Flores pistiladas	1	8486056	8486056	14.186	0.002353 **
Residuales	13	7776370	598182		
Nivel de Significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

**Anexo 20 Análisis de regresión entre la variable número de flores pistiladas y peso de 1000 granos de la var. INIA 431 Altiplano.**

Coeficientes:				
	Estimado	Std. Error	t valor	Pr(> t )
(Intercepto)	4.321e+00	9.011e-02	47.954	5.15e-16 ***
Flores pistiladas	-4.457e-04	5.151e-05	-8.652	9.39e-07 ***
Nivel de Significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Error Residual estándar: 0.1142 en 13 grados de libertad				
Múltiple R-cuadrado: 0.852, Ajustado R-cuadrado: 0.8407				
F-estadístico: 74.86 en 1 y 13 GL, p-valor: 9.386e-07				

**Anexo 21 Análisis de varianza entre la variable número de flores pistiladas y peso de 1000 granos de la var. INIA 431 Altiplano.**

Análisis de Varianza					
Respuesta: Peso de 1000 granos					
	GL	S.C.	C.M.	F valor	Pr(>F)
Flores pistiladas	1	0.97630	0.97630	74.86	9.386e-07 ***
Residuales	13	0.16954	0.01304		
Nivel de Significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

**Anexo 22 Análisis de regresión entre la variable número de flores hermafroditas y rendimiento de la var. Rosada de Huancayo.**

Coeficientes:				
	Estimado	Std. Error	t valor	Pr(> t )
(Intercepto)	0.862469	1.056575	0.816	0.432
Flores hermafroditas	0.002800	0.000205	13.658	3.04e-08 ***
Nivel de Significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Error Residual estándar: 0.8831 en 11 grados de libertad				
Múltiple R-cuadrado: 0.9443, Ajustado R-cuadrado: 0.9392				
F-estadístico: 186.5 en 1 y 11 GL, p-valor: 3.045e-08				

**Anexo 23 Análisis de varianza entre la variable número de flores hermafroditas y rendimiento de la var. Rosada de Huancayo.**

Análisis de Varianza					
Respuesta: Rendimiento					
	GL	S.C.	C.M.	F valor	Pr(>F)
Flores hermafroditas	1	145.460	145.46	186.53	3.045e-08 ***
Residuales	11	8.578	0.78		
Nivel de Significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

**Anexo 24 Análisis de regresión entre la variable número de flores hermafroditas y número de granos por planta de la var. Rosada de Huancayo.**

Coeficientes:				
	Estimado	Std. Error	t valor	Pr(> t )
(Intercepto)	802.92803	388.05739	2.069	0.0629 .
Flores hermafroditas	1.00431	0.06528	15.386	8.72e-09 ***
Nivel de Significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Error Residual estándar error: 466.3 en 11 grados de libertad				
Múltiple R-cuadrado: 0.9556, Ajustado R-cuadrado: 0.9516				
F-estadístico: 236.7 en 1 y 11 GL, p-valor: 8.722e-09				

**Anexo 25 Análisis de varianza entre la variable número de flores hermafroditas y número de granos por planta de la var. Rosada de Huancayo.**

Análisis de Varianza					
Respuesta: Número de granos por planta					
	GL	S.C.	C.M	F valor	Pr(>F)
Flores hermafroditas	1	51474092	51474092	236.72	8.722e-09 ***
Residuales	11	2391949	217450		
Nivel de Significancia: 0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

**Anexo 26 Análisis de regresión entre la variable número de flores hermafroditas y peso de 1000 granos de la var. Rosada de Huancayo.**

Coeficientes:				
	Estimado	Std. Error	t valor	Pr(> t )
(Intercepto)	2.176e+00	3.123e-01	6.969	6.56e-06 ***
Flores hermafroditas	6.672e-05	5.079e-05	1.314	0.21
Nivel de Significancia: 0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Error Residual estándar: 0.4061 en 14 grados de libertad				
Múltiple R-cuadrado: 0.1097, Ajustado R-cuadrado: 0.04614				
F-estadístico: 1.726 en 1 y 14 GL, p-valor: 0.2101				

**Anexo 27 Análisis de regresión entre la variable número de flores pistiladas y rendimiento de la var. Rosada de Huancayo.**

Coeficientes:				
	Estimado	Std. Error	t valor	Pr(> t )
(Intercepto)	14.385726	2.637474	5.454	0.0002 ***
Flores pistiladas	0.001103	0.002424	0.455	0.6580
Nivel de Significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Error Residual estándar: 4.653 en 11 grados de libertad				
Múltiple R-cuadrado: 0.01847, Ajustado R-cuadrado: -0.07076				
F-estadístico: 0.207 en 1 y 11 DF, p-valor: 0.658				

**Anexo 28 Análisis de regresión entre la variable número de flores pistiladas y número de granos por planta de la var. Rosada de Huancayo.**

Coeficientes:				
	Estimado	Std. Error	t valor	Pr(> t )
(Intercepto)	6187.1696	958.4420	6.455	1.51e-05 ***
Flores pistiladas	0.6135	0.8266	0.742	0.47
Nivel de Significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Error Residual estándar: 2120 en 14 grados de libertad				
Múltiple R-cuadrado: 0.03786, Ajustado R-cuadrado: -0.03087				
F-estadístico: 0.5508 en 1 y 14 GL, p-valor: 0.4702				

**Anexo 29 Análisis de regresión entre la variable número de flores pistiladas y peso de 1000 granos de la var. Rosada de Huancayo.**

Coeficientes:				
	Estimado	Std. Error	t valor	Pr(> t )
(Intercepto)	2.899e+00	1.024e-01	28.316	1.25e-11 ***
Flores pistiladas	-4.073e-04	8.226e-05	-4.951	0.000435 ***
Nivel de Significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Error Residual estándar: 0.1962 en 11 grados de libertad				
Múltiple R-cuadrado: 0.6902, Ajustado R-cuadrado: 0.6621				
F-estadístico: 24.51 en 1 y 11 GL, p-valor: 0.0004352				

**Anexo 30 Análisis de varianza entre la variable número de flores pistiladas y peso de 1000 granos de la var. Rosada de Huancayo.**

Análisis de Varianza					
Respuesta: Peso de 1000 granos					
	GL	S.C.	C.M.	F valor	Pr(>F)
Flores pistiladas	1	0.94329	0.94329	24.509	0.0004352 ***
Residuales	11	0.42337	0.03849		
Nivel de Significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

**Anexo 31 Análisis de regresión entre la variable número de flores hermafroditas y rendimiento de la var. Amarilla Sacaca.**

Coeficientes:				
	Estimado	Std. Error	t valor	Pr(> t )
(Intercepto)	-2.5360676	0.8169223	-3.104	0.00838 **
Flores hermafroditas	0.0038745	0.0001752	22.115	1.06e-11 ***
Nivel de Significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Error Residual estándar: 0.6886 en 13 grados de libertad				
Múltiple R-cuadrado: 0.9741, Ajustado R-cuadrado: 0.9721				
F-estadístico: 489.1 en 1 y 13 GL, p-valor: 1.065e-11				

**Anexo 32 Análisis de varianza entre la variable número de flores hermafroditas y rendimiento de la var. Amarilla Sacaca.**

Análisis de Varianza					
Respuesta: Rendimiento					
	GL	S.C.	C.M.	Sq F valor	Pr(>F)
Flores hermafroditas	1	231.921	231.921	489.07	1.065e-11 ***
Residuales	13	6.165	0.474		
Nivel de Significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

**Anexo 33 Análisis de regresión entre la variable número de flores hermafroditas y número de granos por planta de la var. Amarilla Sacaca.**

Coeficientes:				
	Estimado	Std. Error	t valor	Pr(> t )
(Intercepto)	340.72732	134.40054	2.535	0.0229 *
Flores hermafroditas	0.96632	0.02721	35.517	6.83e-16 ***
Nivel de Significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Error Residual estándar: 132.6 en 15 grados de libertad				
Múltiple R-cuadrado: 0.9882, Ajustado R-cuadrado: 0.9875				
F-estadístico: 1261 en 1 y 15 GL, p-valor: 6.832e-16				

**Anexo 34 Análisis de varianza entre la variable número de flores hermafroditas y número de granos por planta de la var. Amarilla Sacaca.**

Análisis de Varianza					
Respuesta: Número de granos por planta					
	GL	S.C.	C.M.	F valor	Pr(>F)
Flores hermafroditas	1	22188978	22188978	1261.5	6.832e-16 ***
Residuales	15	263846	17590		
Nivel de Significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

**Anexo 35 Análisis de regresión entre la variable número de flores hermafroditas y peso de 1000 granos de la var. Amarilla Sacaca.**

Coeficientes:				
	Estimado	Std. Error	t valor	Pr(> t )
(Intercepto)	2.896e+00	1.628e-01	17.786	1.87e-09 ***
Flores hermafroditas	8.323e-05	3.195e-05	2.605	0.0245 *
Nivel de Significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Error Residual estándar: 0.1288 en 11 grados de libertad				
Múltiple R-cuadrado: 0.3814, Ajustado R-cuadrado: 0.3252				
F-estadístico: 6.783 en 1 y 11 GL, p-valor: 0.0245				

**Anexo 36 Análisis de varianza entre la variable número de flores hermafroditas y peso de 1000 granos de la var. Amarilla Sacaca.**

Análisis de Varianza					
Response: Peso de 1000granos					
	GL	S.C.	C.M.	F valor	Pr(>F)
Flores hermafroditas	1	0.11259	0.112592	6.7834	0.0245 *
Residuales	11	0.18258	0.016598		
Nivel de Significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

**Anexo 37 Análisis de regresión entre la variable número de flores pistiladas y rendimiento de la var. Amarilla Sacaca.**

Coeficientes:				
	Estimado	Std. Error	t valor	Pr(> t )
(Intercepto)	18.467288	1.281334	14.413	6.13e-09 ***
Flores pistiladas	-0.010346	0.003883	-2.665	0.0206 *
Nivel de Significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Error Residual estándar: 3.281 en 12 grados de libertad				
Múltiple R-cuadrado: 0.3717, Ajustado R-cuadrado: 0.3194				
F-estadístico: 7.1 en 1 y 12 GL, p-valor: 0.02062				

**Anexo 38 Análisis de varianza entre la variable número de flores pistiladas y rendimiento de la var. Amarilla Sacaca.**

Análisis de Varianza					
Respuesta: Rendimiento					
	GL	S.C.	C.M.	F valor	Pr(>F)
Flores pistiladas	1	76.437	76.437	7.1001	0.02062 *
Residuales	12	129.188	10.766		
Nivel de Significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

**Anexo 39 Análisis de regresión entre la variable número de flores pistiladas y número de granos por planta de la var. Amarilla Sacaca.**

Coeficientes:				
	Estimado	Std. Error	t valor	Pr(> t )
(Intercepto)	5509.454	337.716	16.314	5.9e-11 ***
Flores pistiladas	-1.919	0.805	-2.383	0.0308 *
Nivel de Significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Error Residual estándar: 1042 en 15 grados de libertad				
Múltiple R-cuadrado: 0.2747, Ajustado R-cuadrado: 0.2263				
F-estadístico: 5.68 en 1 y 15 GL, p-valor: 0.03081				

**Anexo 40 Análisis de varianza entre la variable número de flores pistiladas y número de granos por planta de la var. Amarilla Sacaca.**

Análisis de Varianza					
Response: Número de granos por planta					
	GL	S.C.	C.M.	F valor	Pr(>F)
Flores pistiladas	1	6167181	6167181	5.6803	0.03081 *
Residuales	15	16285643	1085710		
Nivel de Significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

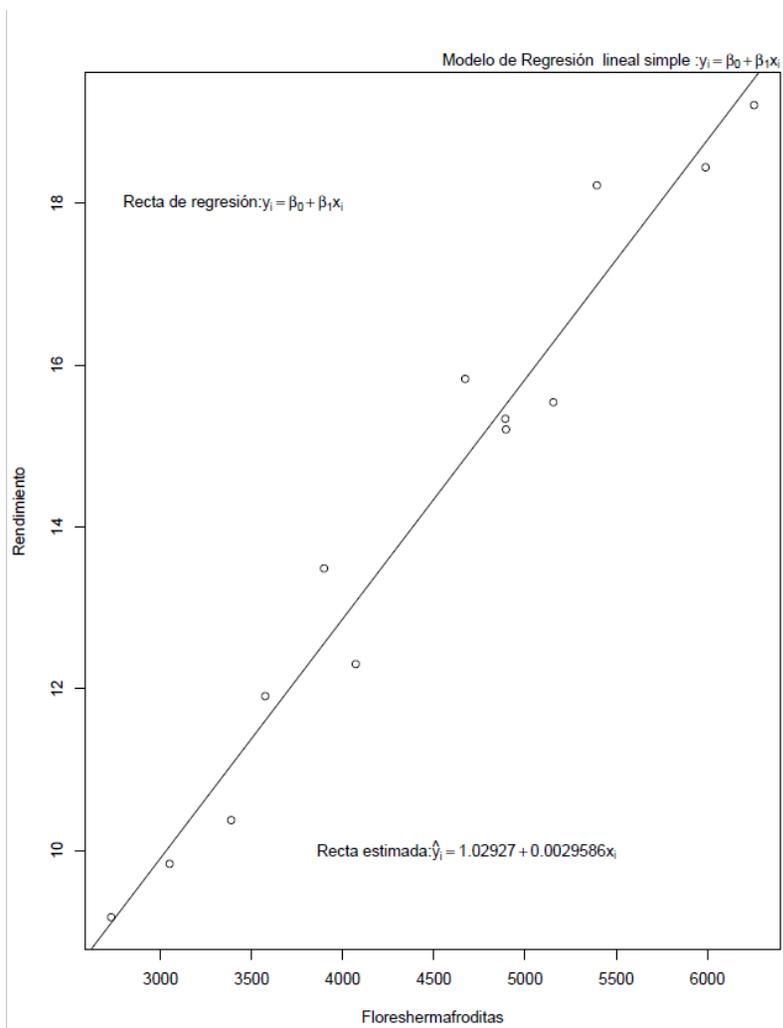
**Anexo 41 Análisis de regresión entre la variable número de flores pistiladas y peso de 1000 granos de la var. Amarilla Sacaca.**

Coeficientes:				
	Estimado	Std. Error	t valor	Pr(> t )
(Intercepto)	3.4371195	0.0674962	50.923	2.06e-14 ***
Flores pistiladas	-0.0011450	0.0003846	-2.978	0.0126 *
Nivel de Significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Error Residual estándar: 0.123 en 11 grados de libertad				
Múltiple R-cuadrado: 0.4463, Ajustado R-cuadrado: 0.3959				
F-estadístico: 8.866 en 1 y 11 GL, p-valor: 0.01258				

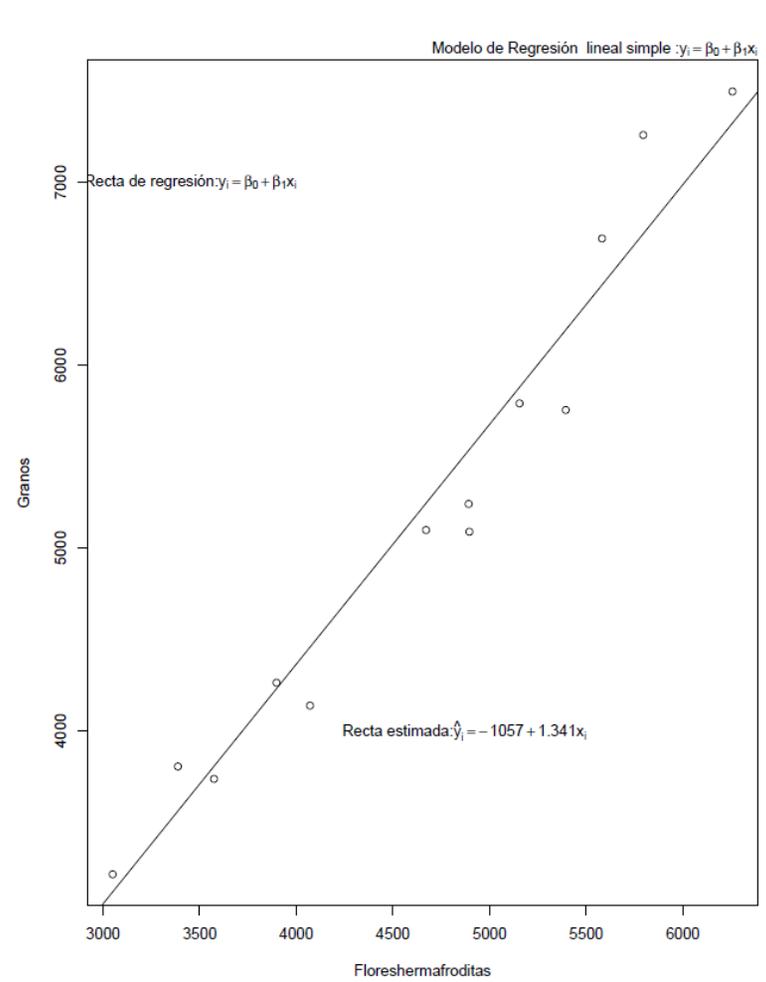
**Anexo 42 Análisis de varianza entre la variable número de flores pistiladas y peso de 1000 granos de la var. Amarilla Sacaca.**

Análisis de Varianza					
Respuesta: Peso de 1000granos					
	GL	S.C.	C.M.	F valor	Pr(>F)
Flores pistiladas	1	0.13420	0.134200	8.8656	0.01258 *
Residuales	11	0.16651	0.015137		
Nivel de Significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

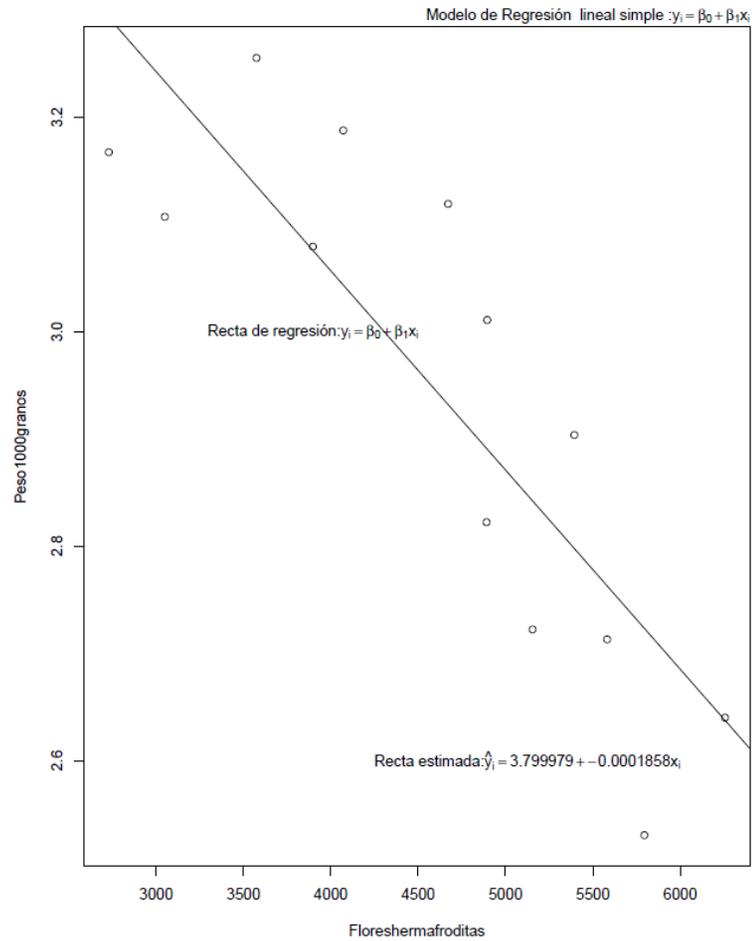
**Anexo 43 Gráfica de correlación entre el número de variable flores hermafroditas y rendimiento de la var. INIA Salcedo.**



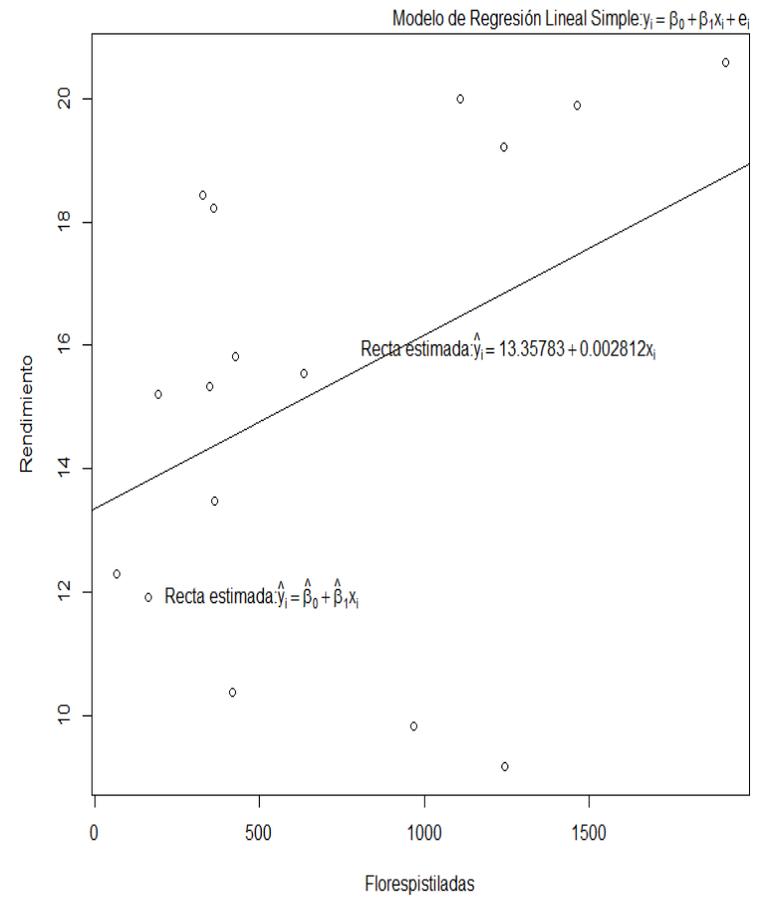
**Anexo 44 Gráfica de correlación entre la variable número de flores hermafroditas y número de granos por planta de la var. INIA Salcedo.**



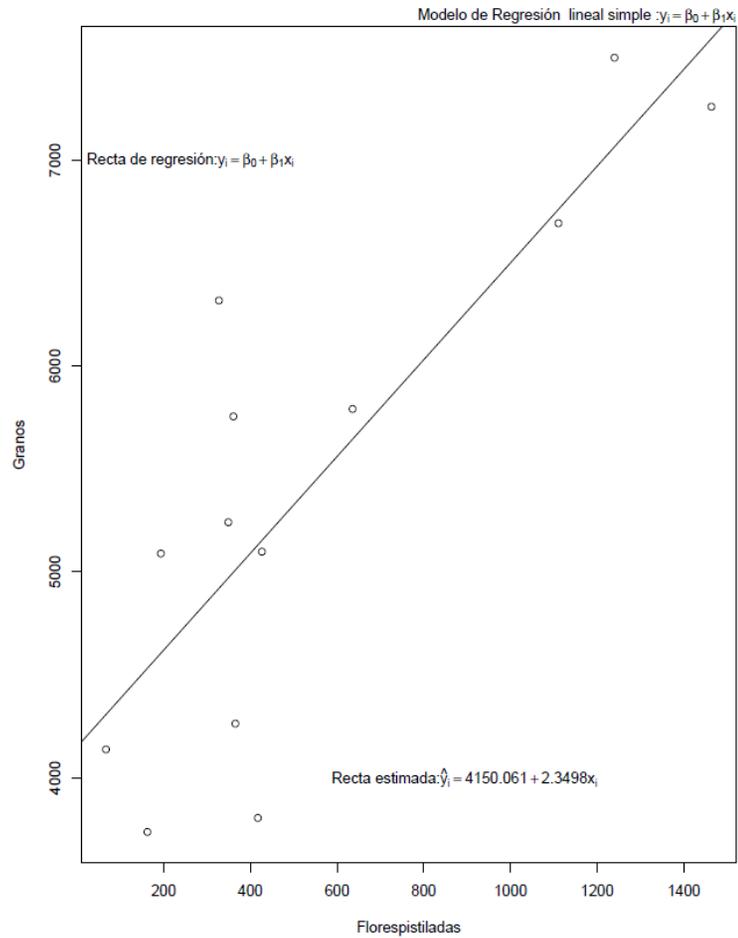
**Anexo 45 Gráfica de correlación entre la variable número de flores hermafroditas y peso de 1000 granos de la var. INIA Salcedo.**



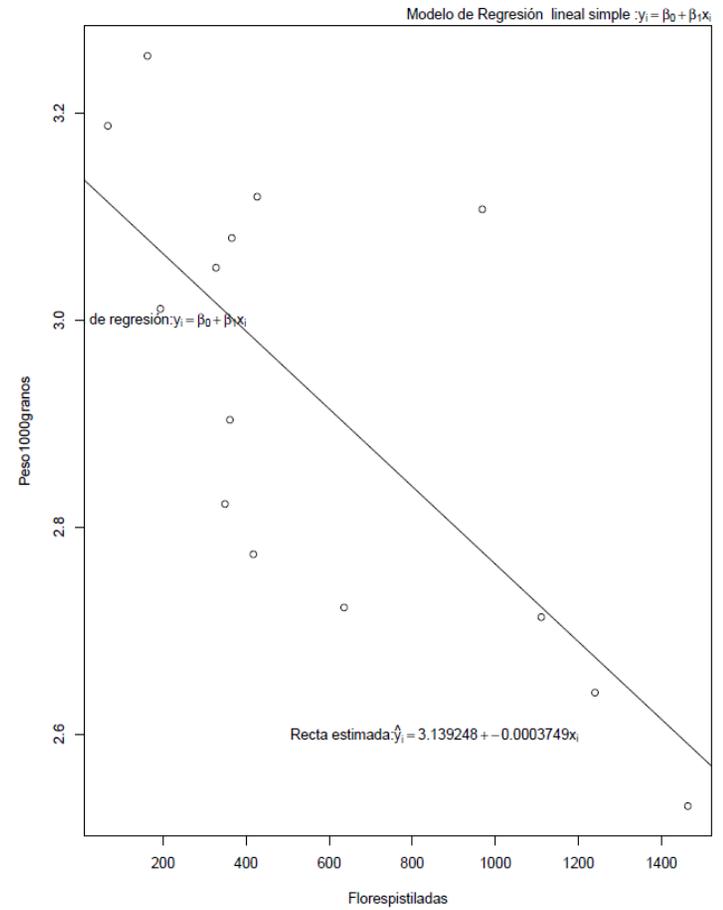
**Anexo 46 Gráfica de correlación entre la variable número de flores pistiladas y rendimiento de la var. INIA Salcedo.**



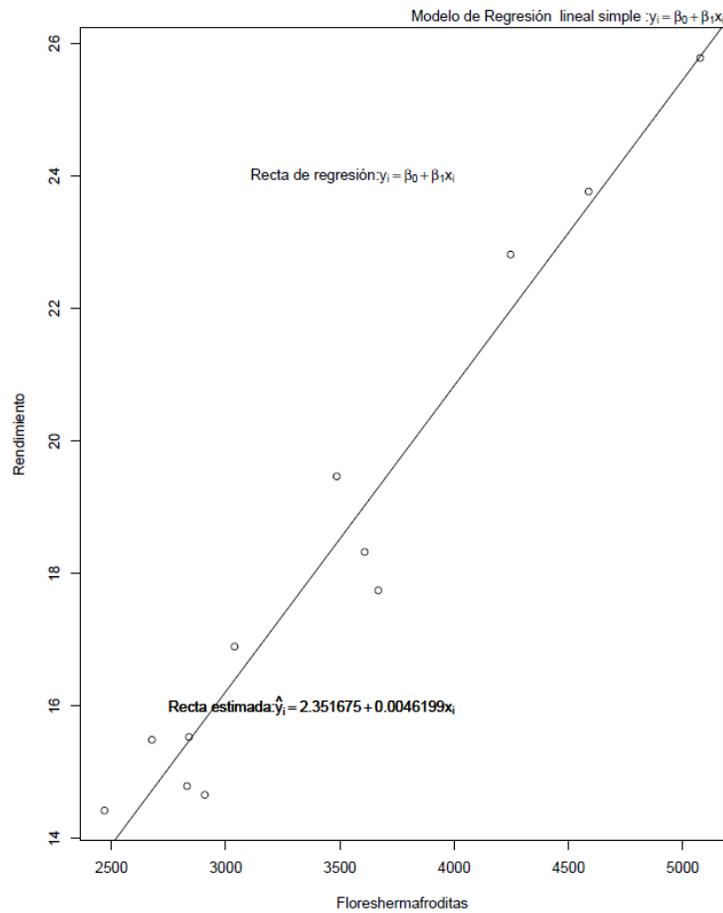
**Anexo 47 Gráfica de correlación entre la variable número de flores pistiladas y número de granos por planta de la var. INIA Salcedo.**



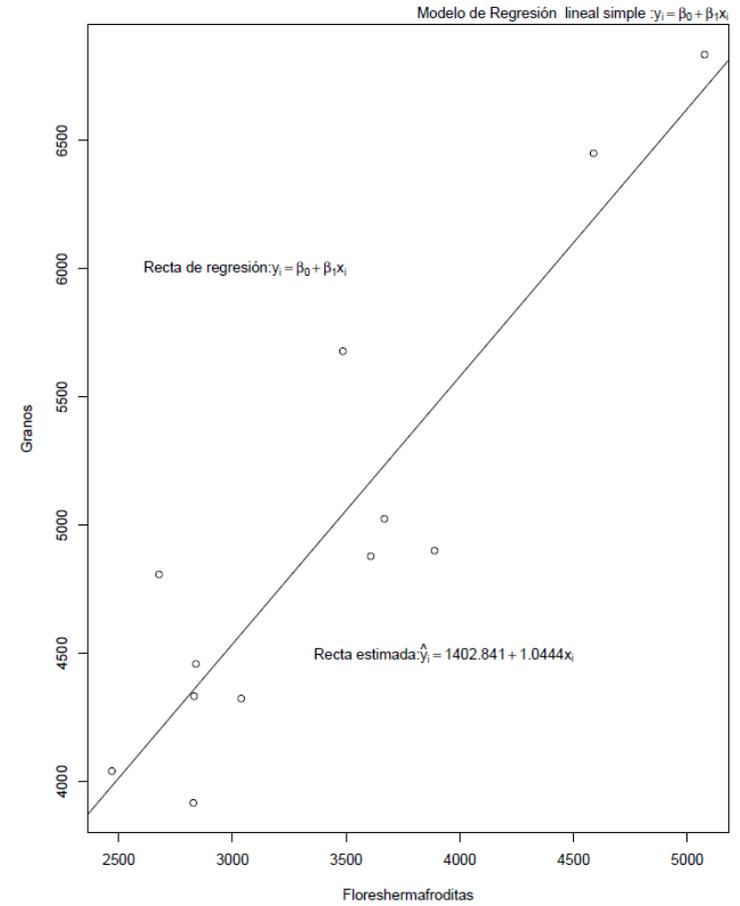
**Anexo 48 Gráfica de correlación entre la variable número de flores pistiladas y peso de 1000 granos de la var. INIA Salcedo.**



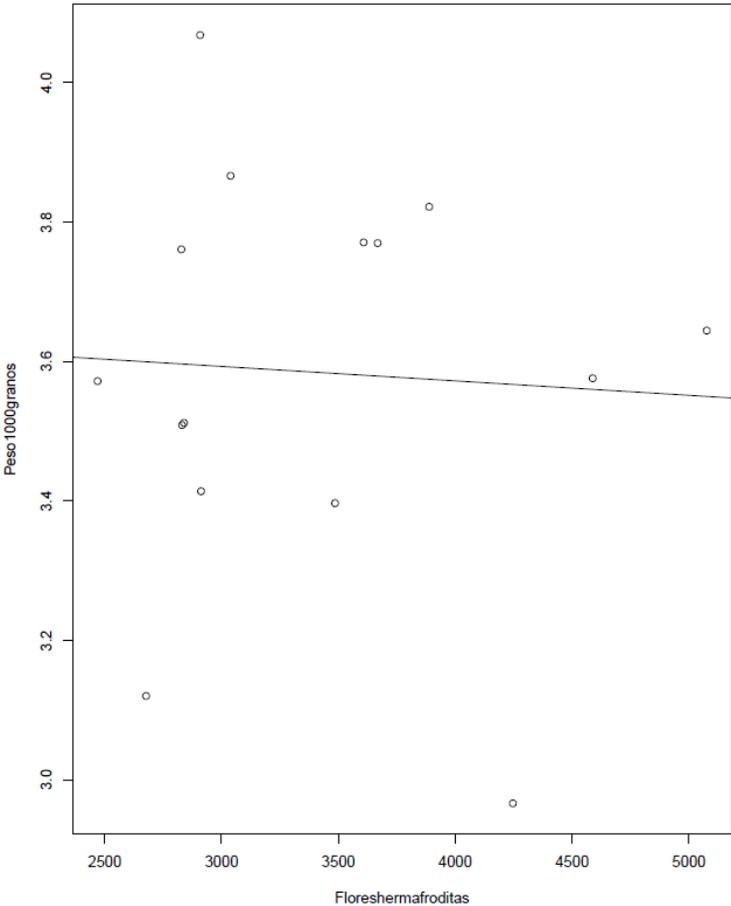
**Anexo 49 Gráfica de correlación entre la variable número de flores hermafroditas y rendimiento de la var. INIA 431 Altiplano.**



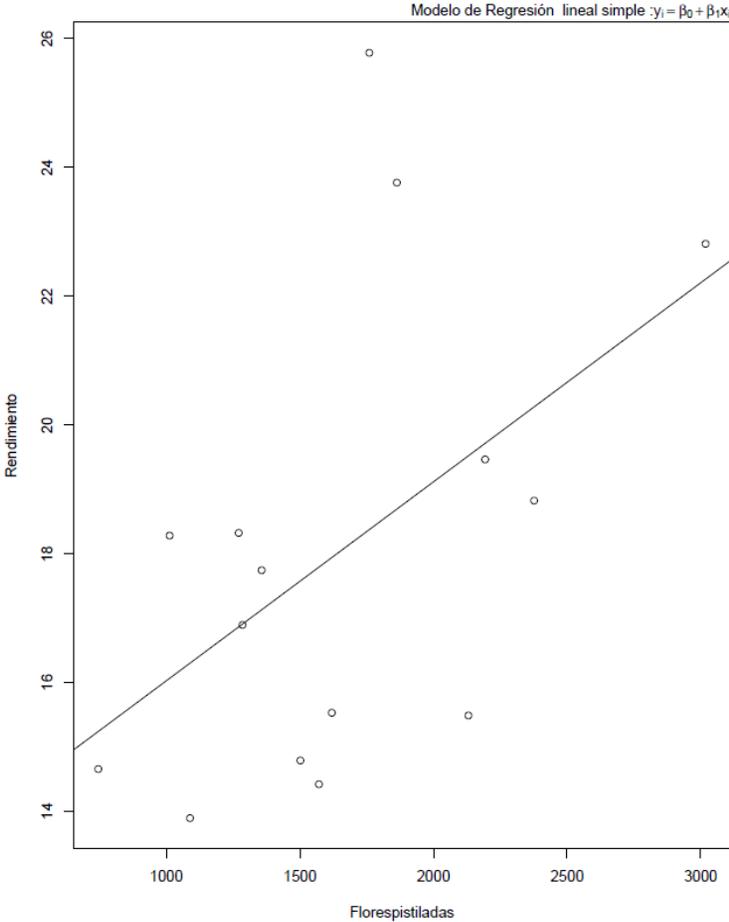
**Anexo 50 Gráfica de correlación entre la variable número de flores hermafroditas y número de granos por planta de la var. INIA 431 Altiplano.**



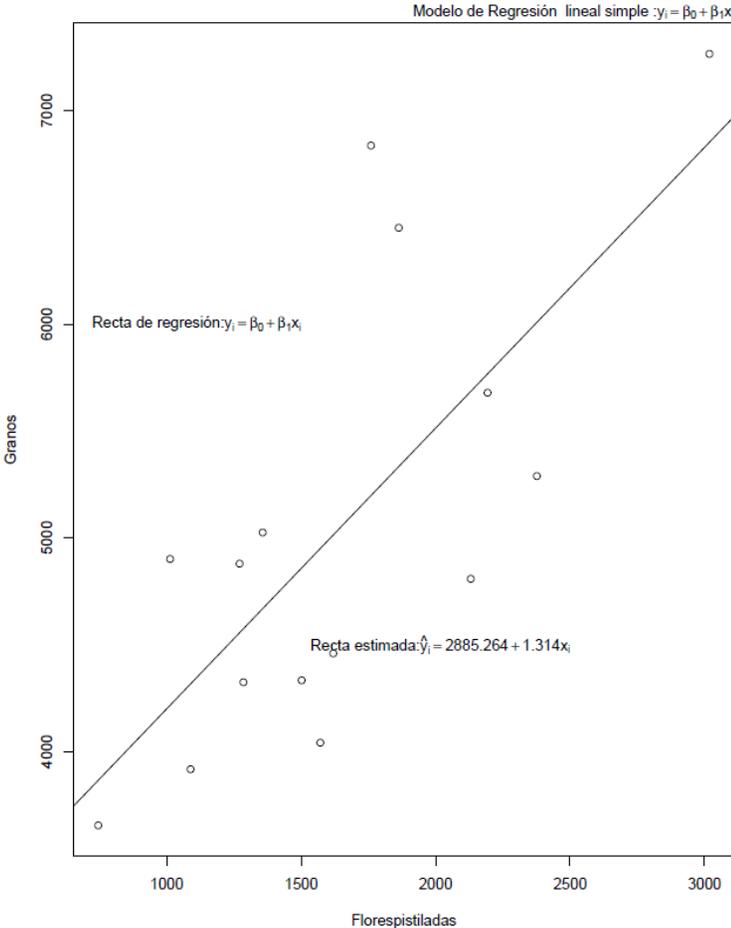
**Anexo 51 Gráfica de correlación entre la variable número de flores hermafroditas y peso de 1000 granos de la var. INIA 431 Altiplano.**



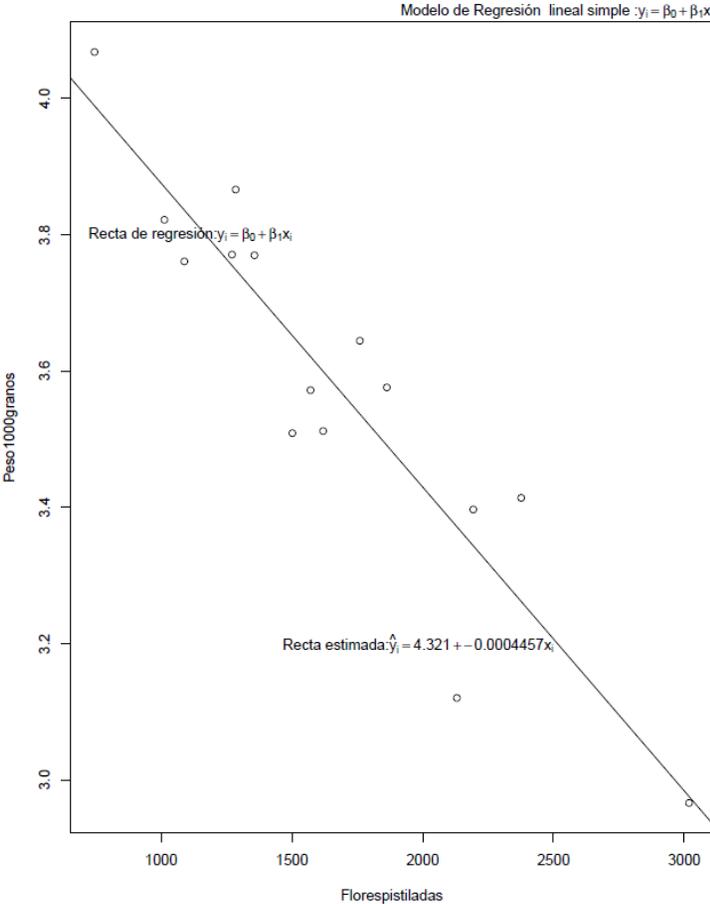
**Anexo 52 Gráfica de correlación entre la variable número de flores pistiladas y rendimiento de la var. INIA 431 Altiplano.**



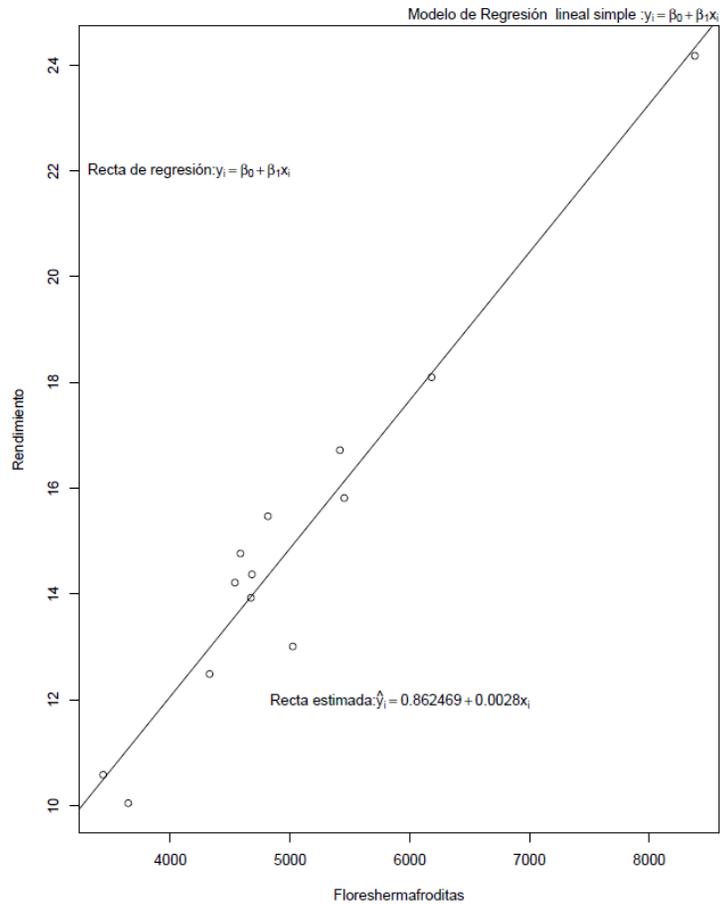
**Anexo 53 Gráfica de correlación entre la variable número de flores pistiladas y número de granos por planta de la var. INIA 431 Altiplano.**



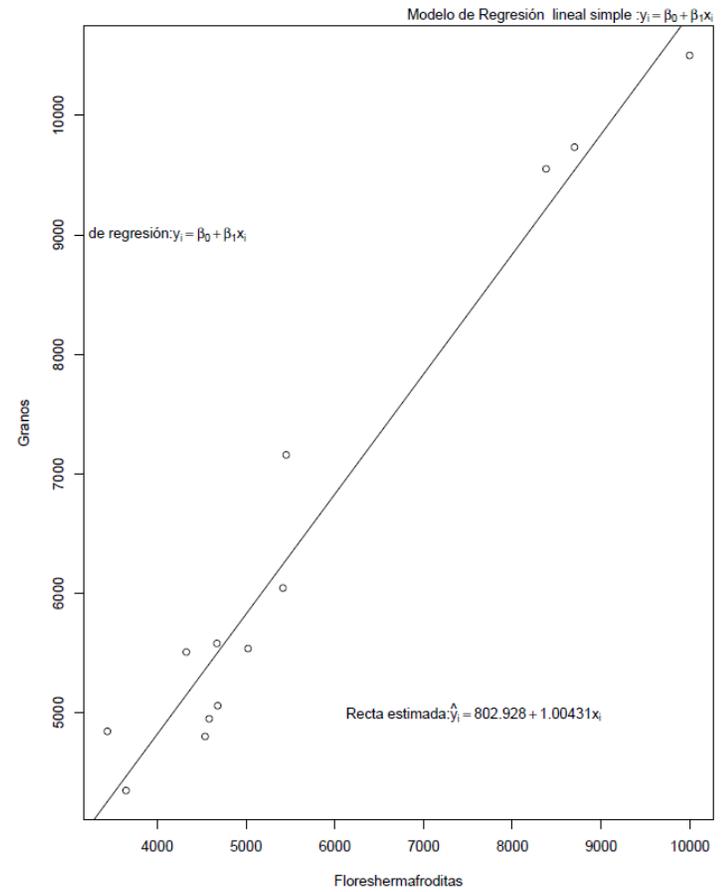
**Anexo 54 Gráfica de correlación entre la variable número de flores pistiladas y peso de 1000 granos de la var. INIA 431 Altiplano.**



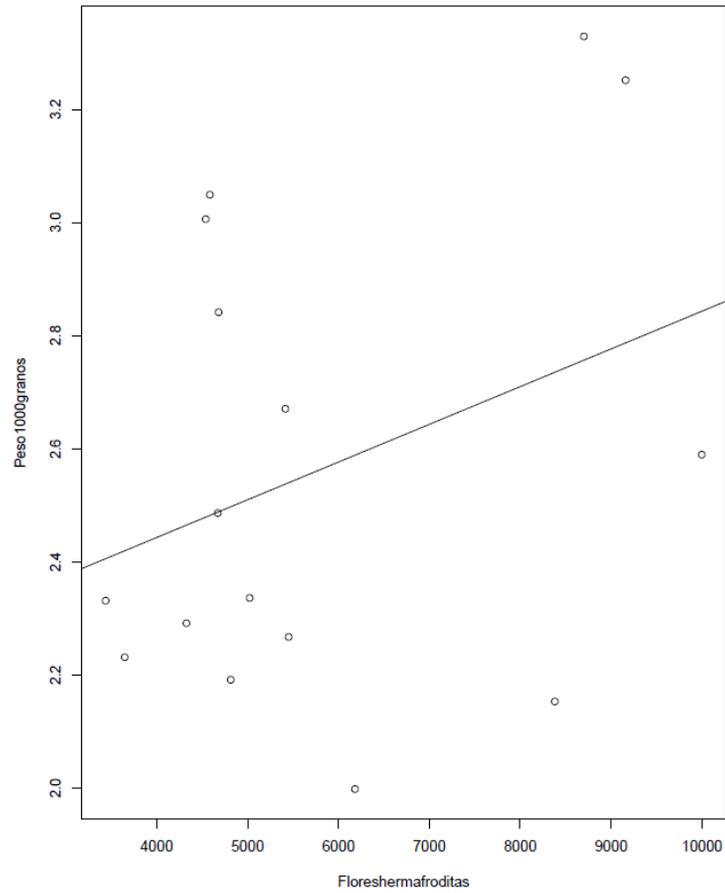
**Anexo 55 Gráfica de correlación entre la variable número de flores hermafroditas y rendimiento de la var. Rosada de Huancayo.**



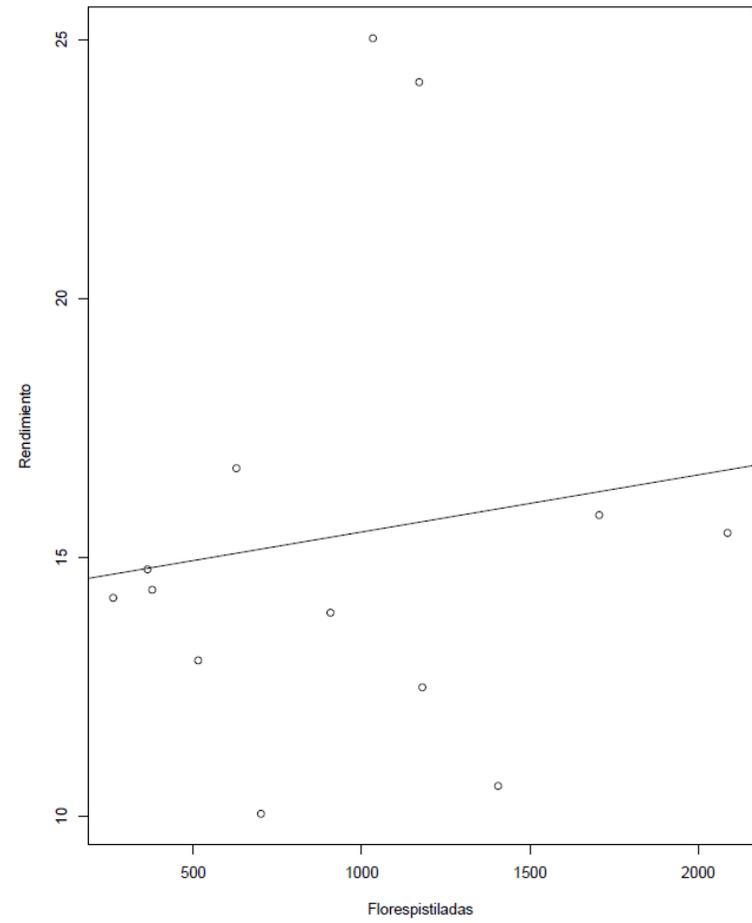
**Anexo 56 Gráfica de correlación entre la variable número de flores hermafroditas y número de granos por planta de la var. Rosada de Huancayo.**



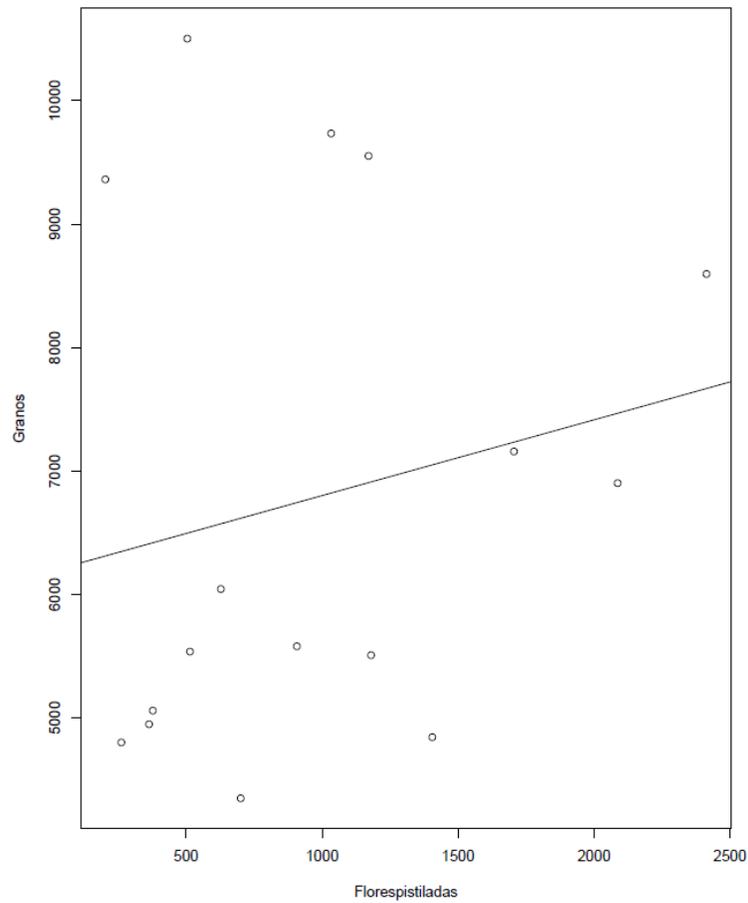
**Anexo 57 Gráfica de correlación entre la variable número de flores hermafroditas y peso de 1000 granos de la var. Rosada de Huancayo.**



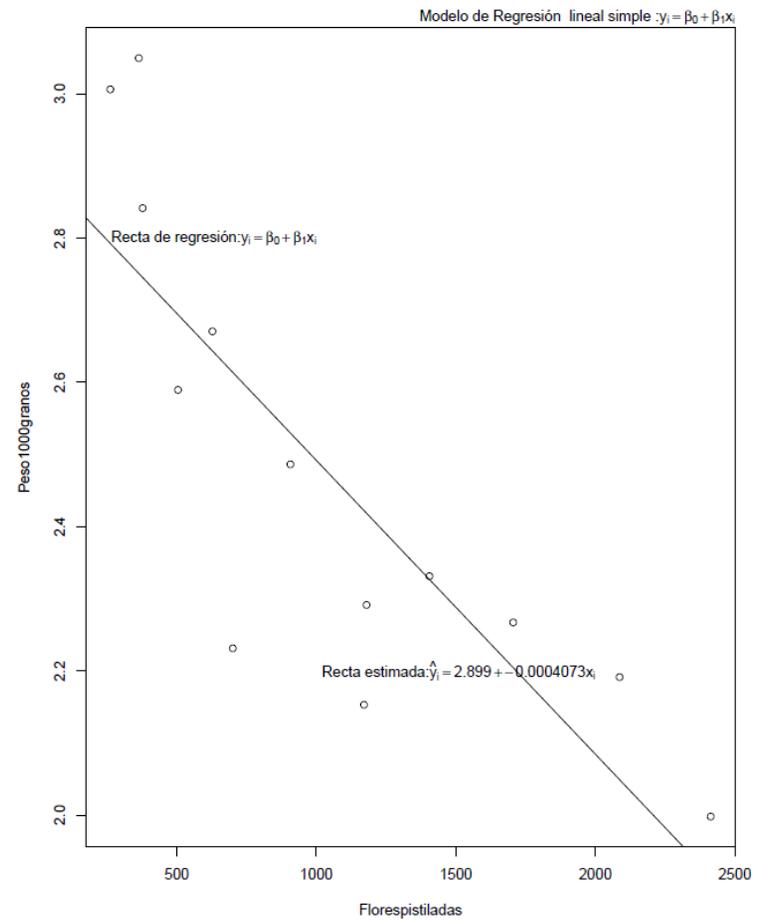
**Anexo 58 Gráfica de correlación entre la variable número de flores pistiladas y rendimiento de la var. Rosada de Huancayo.**



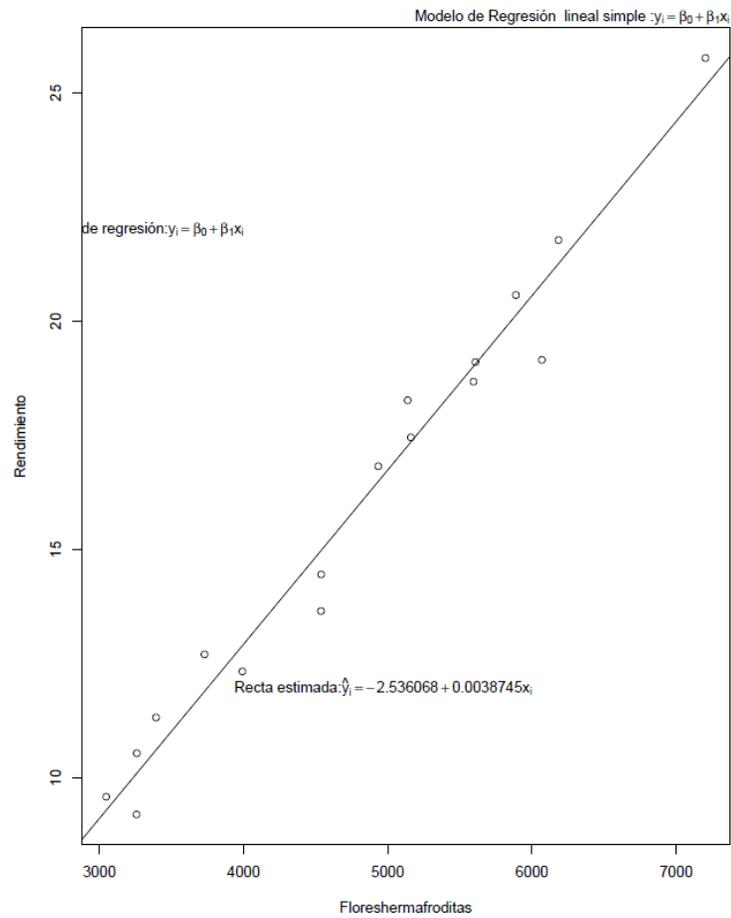
**Anexo 59 Gráfica de correlación entre la variable número de flores pistiladas y número de granos por planta de la var. Rosada de Huancayo.**



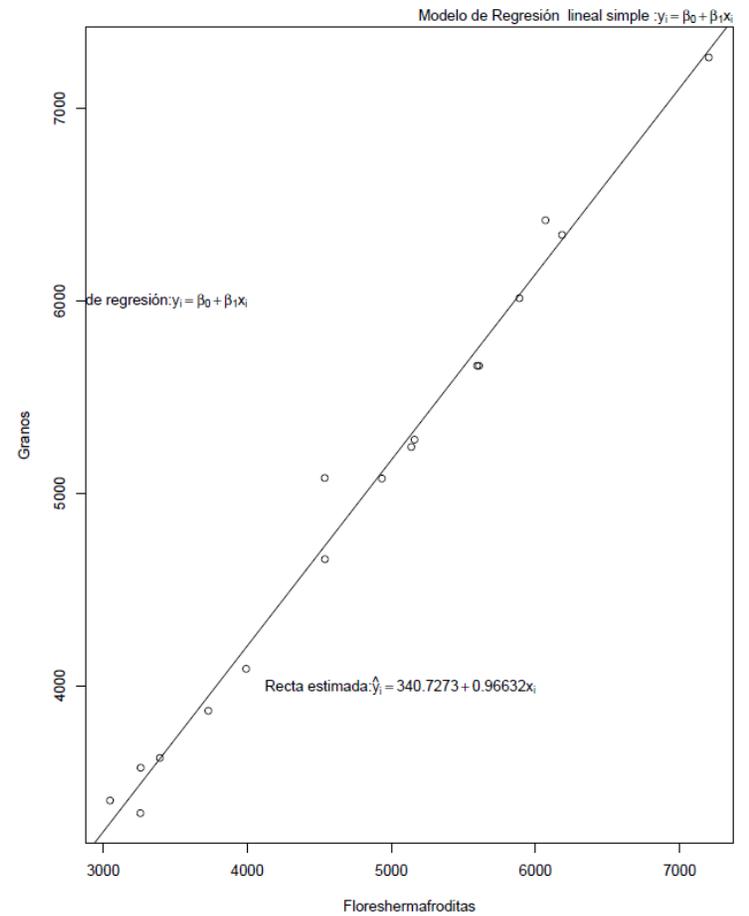
**Anexo 60 Gráfica de correlación entre la variable número de flores pistiladas y peso de 1000 granos de la var. Rosada de Huancayo.**



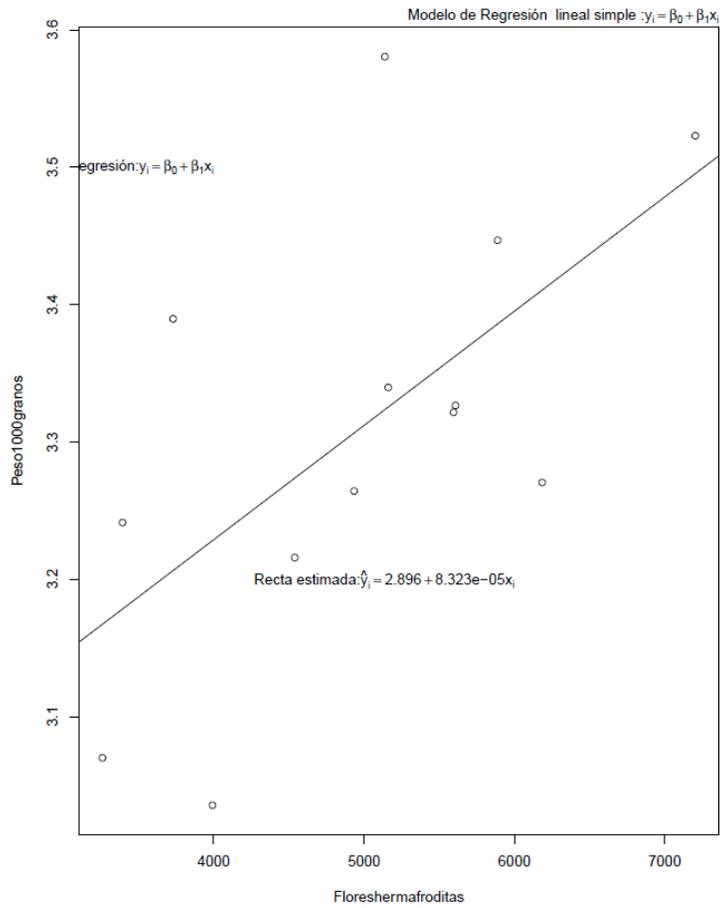
**Anexo 61 Gráfica de correlación entre la variable número de flores hermafroditas y rendimiento de la var. Amarilla Sacaca.**



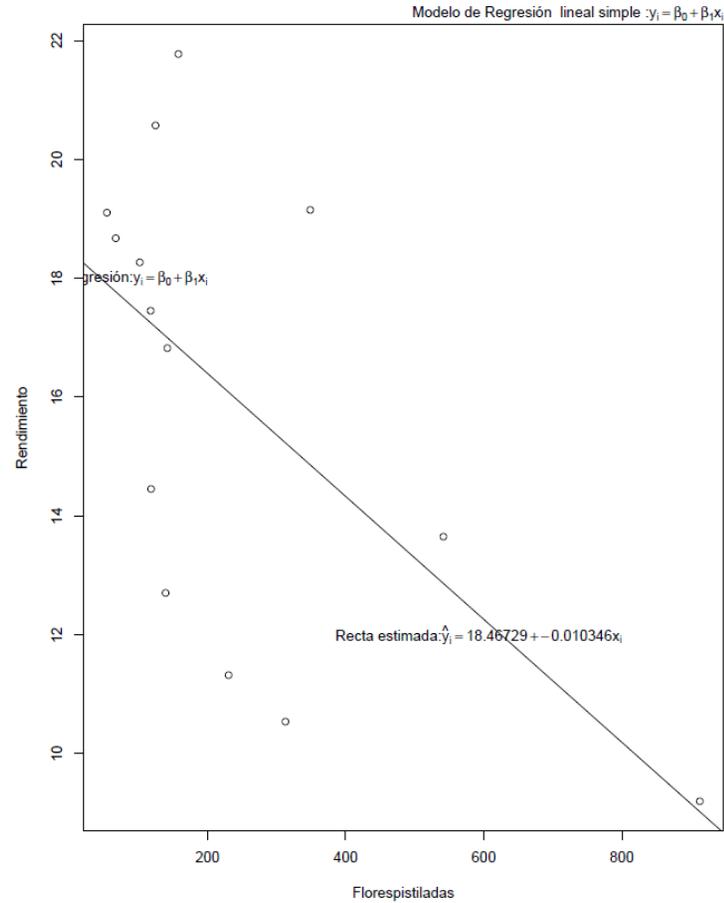
**Anexo 62 Gráfica de correlación entre la variable número de flores hermafroditas y número de granos por planta de la var. Amarilla Sacaca.**



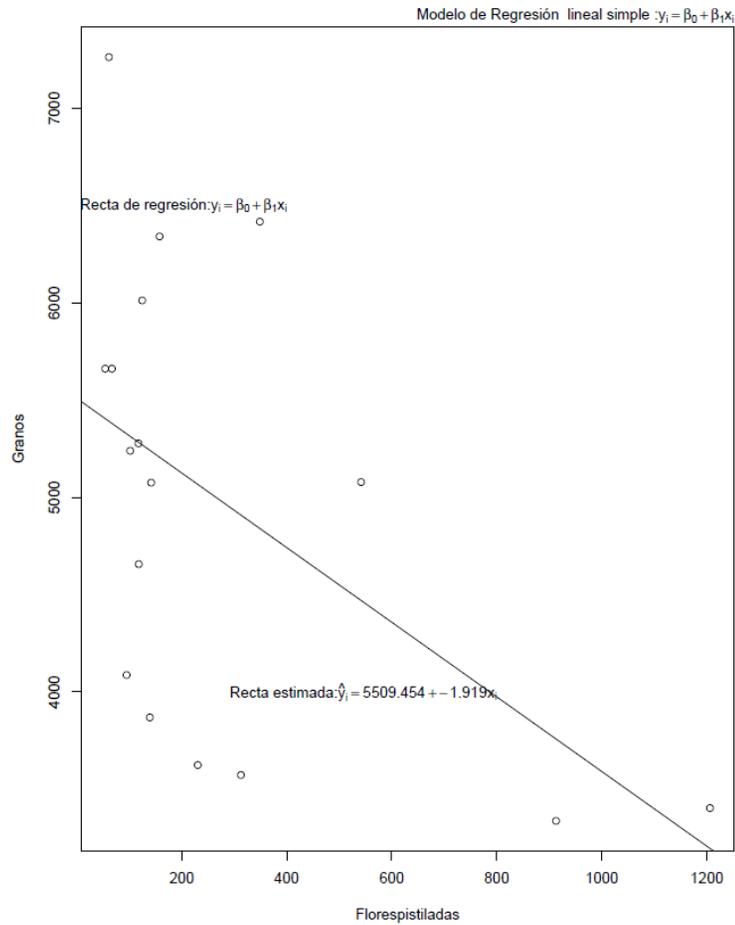
**Anexo 63 Gráfica de correlación entre la variable número de flores hermafroditas y peso de 1000 granos de la var. Amarilla Sacaca.**



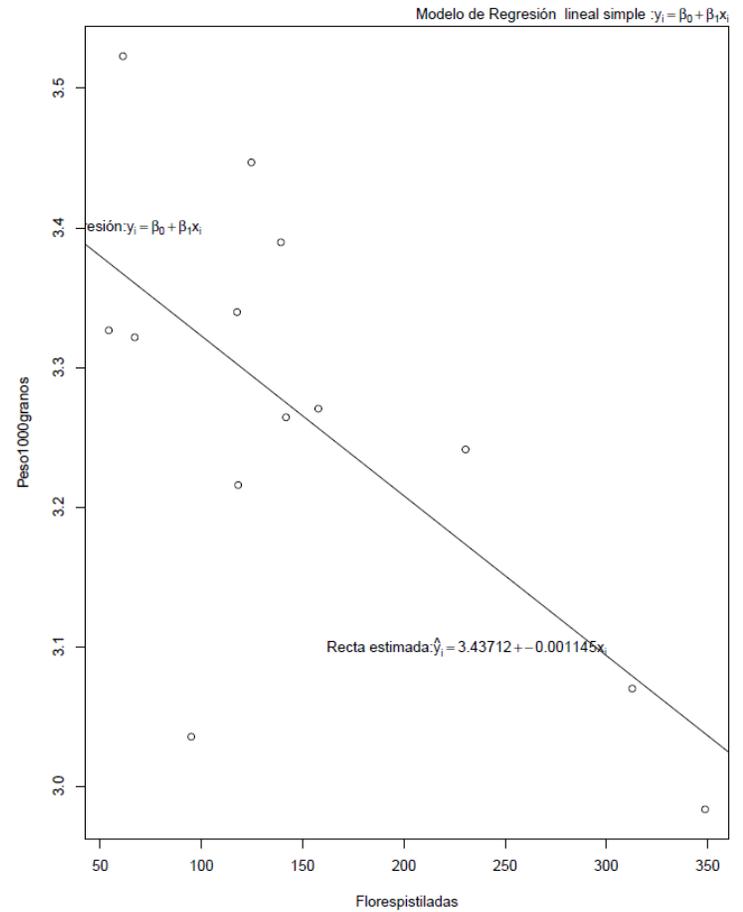
**Anexo 64 Gráfica de correlación entre la variable número de flores pistiladas y rendimiento de la var. Amarilla Sacaca.**



**Anexo 65 Gráfica de correlación entre la variable número de flores pistiladas y número de granos por planta de la var. Amarilla Sacaca.**



**Anexo 66 Gráfica de correlación entre la variable número de flores pistiladas y peso de 1000 granos de la var. Amarilla Sacaca.**



**Anexo 67 Selección de la Inflorescencia de la var. INIA Salcedo para el conteo de flores,**



**Anexo 68 Extracción de las hojas de la inflorescencia de la var. INIA Salcedo para el conteo de flores.**



**Anexo 69 Separación de las ramificaciones de la inflorescencia de la var. INIA Salcedo para el contaje de flores.**



**Anexo 70 Selección de la Inflorescencia de la var. INIA 431 Altiplano para el conteo de flores.**



**Anexo 71 Extracción de las hojas de la inflorescencia de la var. INIA 431 Altiplano para el conteo de flores.**



**Anexo 72 Separación de las ramificaciones de la inflorescencia de la var. INIA 431 Altiplano para el conteo de flores.**



**Anexo 73 Selección de la Inflorescencia de la var. Rosada de Huancayo para el contaje de flores.**



**Anexo 74 Extracción de las hojas de la inflorescencia de la var. Rosada de Huancayo para el contaje de flores.**



**Anexo 75 Separación de las ramificaciones de la inflorescencia de la var. Rosada de Huancayo para el conteo de flores.**



**Anexo 76 Selección de la Inflorescencia de la var. Amarilla Sacaca para el contaje de flores.**



**Anexo 77 Extracción de las hojas de la inflorescencia de la var. Amarilla Sacaca para el contaje de flores.**



**Anexo 78 Separación de las ramificaciones de la inflorescencia de la var. Amarilla Sacaca para el conteo de flores.**



**Anexo 79 Glomérulos presentes en las ramificaciones laterales de la inflorescencia.**

