

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMIA**



**“REACCIÓN AL CALOR Y A SEQUÍA EN PAPAS NATIVAS  
(*Solanum spp.*) CULTIVADAS EN HUÁNUCO”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**MARIO ANTONIO VIDAL FIGUEROA**

LIMA – PERÚ

2020

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMIA**

**“REACCIÓN AL CALOR Y A SEQUÍA EN PAPAS NATIVAS  
(*Solanum spp.*) CULTIVADAS EN HUÁNUCO”.**

**Tesis para optar el Título de:**

**INGENIERO AGRONOMO**

**MARIO ANTONIO VIDAL FIGUEROA**

**Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:**

---

**Ing. Mg. Sc. Luis Rodrigo Tomassini Vidal  
PRESIDENTE**

---

**Ing. Mg. Sc. Rolando Percy Egúsqiza Bayona  
ASESOR**

---

**Ing. Mg. Sc. María de Lourdes Tapia y Figueroa  
MIEMBRO**

---

**Ing. M. S. Andrés Virgilio Casas Díaz  
MIEMBRO**

**Lima – Perú**

**2020**

## **DEDICATORIA**

A mi Dios, forjador de mi camino, mi padre celestial, el que me acompaña y siempre me levanta ante las adversidades, gracias por otorgarme la dicha de vivir y poder darme la fuerza para salir adelante.

A mi madre Margarita Figueroa Quiroga por brindarme todo su amor y apoyo incondicional e inculcarme valores para ser una mejor persona cada día.

A mi padre Mario Vidal Escudero por su esfuerzo, dedicación, comprensión y cariño que me brindó durante toda la vida.

A mis hermanas Claudia Vidal Figueroa y Sandra Vidal Figueroa por ser ejemplo de vida, esfuerzo, entrega y pundonor para alcanzar metas importantes, además de su cariño incondicional brindado.

A mi hermano Gonzalo Vidal Figueroa que desde el cielo me acompaña día a día.

A mi gran amigo Martín Manchego Jiménez, colega de agronomía, que desde el cielo me bendice.

A mis abuelos paternos y maternos que desde el cielo me llenan de energía y coraje para salir adelante.

A todos mis amigos que me brindaron su apoyo en las buenas y en las malas en cada etapa de mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darme la fuerza para salir adelante y no rendirme jamás.

A mis padres por su amor incondicional y apoyo brindado en la elaboración de la tesis.

Al Ing. Mg. Sc Rolando Percy Egúsquiza Bayona, por las enseñanzas brindadas, la paciencia y el apoyo constante para la elaboración del presente trabajo de estudio.

Al Ing. Mg. Sc Luis Tomassini Vidal por ser el presidente de la tesis.

A los miembros del jurado Ing. Mg. Sc. María de Lourdes Tapia y Figueroa e Ing. Mg. Sc. Andrés Casas Díaz por ser partícipes de este trabajo.

Al Ing. David Saravia Navarro e Ing. PhD Hugo Soplín Villacorta por el aporte de conocimientos en el presente trabajo.

A Fortunato y Jaime, trabajadores del Programa de Raíces y Tuberosas, por el apoyo brindado en las labores agronómicas realizadas en la tesis.

A los ingenieros y personal de trabajo del Instituto Regional de Desarrollo “Fundo Yanamucló” de la UNALM por el apoyo brindado durante la estadía.

A Eduardo Cárdenas Enriquez, colega de Agronomía, por su apoyo en la cosecha en el fundo Yanamucló.

A todo aquel que de una u otra manera me brindó su apoyo durante el presente trabajo.

## INDICE GENERAL

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>2</b>
<b>2.1 TERMINOLOGÍA</b> .....	<b>2</b>
2.1.1 Adaptación.....	2
2.1.2 Calor .....	2
2.1.3 Cambio climático.....	2
2.1.4 Déficit hídrico .....	2
2.1.5 Estrés .....	3
2.1.6 Fotoperiodo .....	3
2.1.7 Horas de sol .....	3
2.1.8 Sequía .....	3
2.1.9 Temperatura.....	3
<b>2.2 CULTIVO DE PAPA (<i>Solanum tuberosum</i> L.)</b> .....	<b>4</b>
<b>2.3 INFLUENCIA DE LAS VARIABLES CLIMATICAS EN LA PAPA</b> .....	<b>6</b>
2.3.1 Temperatura.....	6
2.3.2 Fotoperiodo .....	7
2.3.3 Intensidad de luz. ....	7
<b>2.4 ESTRÉS POR ALTA TEMPERATURA Y MECANISMOS DE RESISTENCIA</b> .....	<b>7</b>
<b>2.5 DINÁMICA DEL AGUA EN EL SISTEMA SUELO-PLANTA-ATMÓSFERA</b> .....	<b>10</b>
<b>2.6 EFECTO DEL ESTRÉS POR SEQUÍA EN PLANTAS</b> .....	<b>11</b>
2.6.1 Reducción en el área foliar como adaptación temprana al déficit hídrico ...	11
2.6.2 Ácido abscísico como protagonista del cierre de estomas .....	12
2.6.3 Efecto del estrés de sequía sobre el crecimiento y rendimiento de las plantas .....	13
<b>2.7 CAMBIO CLIMÁTICO</b> .....	<b>14</b>
2.7.1 Efectos del cambio climático en la agricultura.....	14
2.7.2 Cambios observados en el sistema climático .....	14
2.7.3 Adaptación al cambio climático .....	15
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>17</b>
<b>3.1 PLAN GENERAL DEL EXPERIMENTO</b> .....	<b>17</b>
3.1.1 Lugar de ejecución y ubicación.....	18
3.1.2 Características climatológicas.....	18

3.1.3 Suelo.....	20
3.2 MATERIALES Y EQUIPOS .....	21
3.2.1 Material vegetal.....	21
3.2.2 Equipos e infraestructura .....	23
3.3 MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS.....	24
3.3.1 Instalación y conducción de los ensayos .....	24
3.3.2 Evaluaciones .....	29
3.4 DISPOSICIÓN DEL MATERIAL VEGETAL.....	31
3.5 ANALISIS ESTADISTICO.....	32
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
4.1 EVALUACIONES DE LA REACCIÓN A CALOR.....	41
4.1.1 Supervivencia de plantas en condiciones de calor .....	41
4.1.2 Efectos sobre indicadores morfológicos.....	43
4.2 EVALUACIONES DE LA REACCION A SEQUÍA .....	50
4.2.1 Condiciones hídricas durante el experimento .....	50
4.2.2 Efectos sobre el crecimiento y desarrollo de plantas.....	53
4.2.3 Efecto sobre el rendimiento de tubérculos .....	76
V. CONCLUSIONES.....	80
VI. RECOMENDACIONES.....	81
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	82
VIII. ANEXOS .....	88

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1: Superficie cosechada (hax1000) de los principales cultivos anuales.....</b>	<b>4</b>
<b>Cuadro 2: Ciclos o “campañas” de producción de papa en el Perú.....</b>	<b>5</b>
<b>Cuadro 3: Temperaturas letales por calor.....</b>	<b>9</b>
<b>Cuadro 4: Datos meteorológicos obtenidos durante la fase experimental.....</b>	<b>19</b>
<b>Cuadro 5: Datos meteorológicos obtenidos durante la fase experimental.....</b>	<b>19</b>
<b>Cuadro 6: Análisis de suelo experimento reacción al calor.....</b>	<b>20</b>
<b>Cuadro 7: Análisis de suelo experimento reacción a la sequía.....</b>	<b>20</b>
<b>Cuadro 8: Relación de morfotipos BGR empleados en el experimento reacción al calor.....</b>	<b>21</b>
<b>Cuadro 9: Relación de morfotipos BGR empleados en el experimento de reacción a sequía.....</b>	<b>22</b>
<b>Cuadro 10: Escala de grados de estrés.....</b>	<b>31</b>
<b>Cuadro 11: Dimensiones del terreno.....</b>	<b>31</b>
<b>Cuadro 12: Sobrevivencia (%) de plantas de morfotipos considerados resistentes a condiciones de alta temperatura.....</b>	<b>41</b>
<b>Cuadro 13: Plantas de morfotipos considerados tolerantes a condiciones de alta temperatura.....</b>	<b>42</b>
<b>Cuadro 14: Morfotipos con plantas de porte alto (40 – 60 cm) en condiciones de calor.....</b>	<b>43</b>
<b>Cuadro 15: Morfotipos con plantas de porte bajo (20 – 40 cm) en condiciones de calor.....</b>	<b>43</b>
<b>Cuadro 16: Morfotipos con valores altos de longitud de entrenudos (cm).....</b>	<b>44</b>
<b>Cuadro 17: Morfotipos resistentes según la altura de planta (cm), sobrevivencia (%) y longitud de entrenudos (cm).....</b>	<b>45</b>
<b>Cuadro 18: Morfotipos con tallo gruesos.....</b>	<b>46</b>
<b>Cuadro 19: Morfotipos con valores altos de altura de planta (cm) y grosor de tallo(mm).....</b>	<b>46</b>
<b>Cuadro 20: Morfotipos con mayor índice de hoja.....</b>	<b>47</b>
<b>Cuadro 21: Morfotipos que presentaron valores altos de altura de planta (cm) e índice de hoja (largo/ancho).....</b>	<b>47</b>
<b>Cuadro 22: Morfotipos con valores altos de índice de foliolo terminal.....</b>	<b>48</b>
<b>Cuadro 23: Morfotipos con grado 0 de ramificación de tallo.....</b>	<b>48</b>

<b>Cuadro 24: Morfotipos sin ramificación considerados resistentes según porte de planta.....</b>	<b>49</b>
<b>Cuadro 25: Morfotipos que evidencian hojas con baja disectividad.....</b>	<b>49</b>
<b>Cuadro 26: Morfotipos resistentes según altura de planta y con baja disectividad ....</b>	<b>49</b>
<b>Cuadro 27: Evaluaciones de humedad del sustrato empleado .....</b>	<b>52</b>
<b>Cuadro 28: Condiciones hídricas en el cuarto periodo de control de humedad en morfotipos con riego continuo y riego restringido.....</b>	<b>52</b>
<b>Cuadro 29: Promedios y significación estadística de las diferencias de características de plantas de papas nativas crecidas en condiciones de riego continuo (RC) y riego restringido (RR) .....</b>	<b>54</b>
<b>Cuadro 30: Variación de la altura de planta de los morfotipos en estudio.....</b>	<b>55</b>
<b>Cuadro 31: Estadísticas descriptivas para altura de plantas en morfotipos CR y RR</b>	<b>56</b>
<b>Cuadro 32: Prueba t de Student para altura de plantas .....</b>	<b>56</b>
<b>Cuadro 33: Altura de planta de morfotipos susceptibles a la sequía .....</b>	<b>57</b>
<b>Cuadro 34: Altura de planta de morfotipos considerados tolerantes a la sequía .....</b>	<b>58</b>
<b>Cuadro 35: Estadísticas descriptivas y prueba t de Student de las diferencias de promedios de altura de plantas de morfotipos susceptibles .....</b>	<b>58</b>
<b>Cuadro 36: Estadísticas descriptivas y prueba t de Student de las diferencias de promedios de altura de plantas entre morfotipos tolerantes .....</b>	<b>58</b>
<b>Cuadro 37: Variación de la longitud de entrenudos (cm) de los morfotipos en estudio.....</b>	<b>60</b>
<b>Cuadro 38: Estadísticas descriptivas para longitud de entrenudos en morfotipos con RC y RR .....</b>	<b>60</b>
<b>Cuadro 39: Prueba t Student para longitud de entrenudos .....</b>	<b>61</b>
<b>Cuadro 40: Longitud de entrenudos de morfotipos considerados susceptibles .....</b>	<b>61</b>
<b>Cuadro 41: Longitud de entrenudos de morfotipos considerados tolerantes .....</b>	<b>62</b>
<b>Cuadro 42: Estadísticas descriptivas y prueba t de Student de las diferencias de promedios de longitud de entrenudos en plantas de morfotipos susceptibles.....</b>	<b>63</b>
<b>Cuadro 43: Estadísticas descriptivas y prueba t de Student de las diferencias de promedios de longitud de entrenudos en plantas de morfotipos tolerantes.....</b>	<b>63</b>
<b>Cuadro 44: Estadísticas descriptivas y prueba t de la longitud de entrenudos de morfotipos susceptibles según el porte de plantas .....</b>	<b>63</b>
<b>Cuadro 45: Estadísticas descriptivas y prueba t de la longitud de entrenudos de morfotipos tolerantes según el porte de plantas.....</b>	<b>63</b>

<b>Cuadro 46: Variación del grosor de tallo (cm) de los morfotipos en estudio.....</b>	<b>64</b>
<b>Cuadro 47: Estadísticas descriptivas para grosor de tallo (cm) en morfotipos con RC y RR</b>	<b>64</b>
<b>Cuadro 48: Prueba t Student para grosor de tallo .....</b>	<b>65</b>
<b>Cuadro 49: Grosor de tallo de morfotipos considerados susceptibles .....</b>	<b>65</b>
<b>Cuadro 50: Grosor de tallo de morfotipos considerados tolerantes.....</b>	<b>66</b>
<b>Cuadro 51: Estadísticas descriptivas y prueba t de Student de las diferencias de promedios de grosor de tallo en plantas de morfotipos susceptibles.....</b>	<b>66</b>
<b>Cuadro 52: Estadísticas descriptivas y prueba t de Student de las diferencias de promedios de grosor de tallo en plantas de morfotipos tolerantes .....</b>	<b>66</b>
<b>Cuadro 53: Estadísticas descriptivas y prueba t de grosor de tallo de morfotipos susceptibles según el porte de plantas .....</b>	<b>67</b>
<b>Cuadro 54: Estadísticas descriptivas y prueba t de grosor de tallo de morfotipos tolerantes según el porte de plantas.....</b>	<b>67</b>
<b>Cuadro 55: Variación del índice de hoja de los morfotipos en estudio .....</b>	<b>67</b>
<b>Cuadro 56: Estadísticas descriptivas para índice de hoja en morfotipos con RC Y RR .....</b>	<b>68</b>
<b>Cuadro 57: Prueba t Student para índice de hoja .....</b>	<b>68</b>
<b>Cuadro 58: Morfotipos susceptibles y tolerantes según el índice de hoja.....</b>	<b>68</b>
<b>Cuadro 59: Estadísticas descriptivas y prueba t Student de las diferencias de promedios de índice de hoja de morfotipos susceptibles.....</b>	<b>69</b>
<b>Cuadro 60: Estadísticas descriptivas y prueba t Student de las diferencias de promedios de índice de hoja de morfotipos tolerantes.....</b>	<b>69</b>
<b>Cuadro 61: Variación del índice de foliolo terminal de los morfotipos en estudio .....</b>	<b>70</b>
<b>Cuadro 62: Estadísticas descriptivas para índice de foliolo terminal en morfotipos con RC y RR .....</b>	<b>70</b>
<b>Cuadro 63: Prueba t de studente para índice de foliolo terminal .....</b>	<b>71</b>
<b>Cuadro 64: Estadísticas descriptivas y prueba t Student de las diferencias de promedios de índice de foliolo terminal de morfotipos susceptibles .....</b>	<b>71</b>
<b>Cuadro 65: Estadísticas descriptivas y prueba t Student de las diferencias de promedios de índice de foliolo terminal de morfotipos tolerantes.....</b>	<b>72</b>
<b>Cuadro 66: Morfotipos susceptibles y tolerantes según el índice de foliolo terminal..</b>	<b>72</b>
<b>Cuadro 67: Estadísticas descriptivas y prueba t Student de las diferencias de promedios del peso seco de follaje de morfotipos.....</b>	<b>73</b>
<b>Cuadro 68: Estadísticas descriptivas y prueba t Student de las diferencias de promedios del peso seco de follaje de morfotipos susceptibles .....</b>	<b>74</b>

<b>Cuadro 69: Estadísticas descriptivas y prueba t Student de las diferencias de promedios del peso seco de follaje de morfotipos tolerantes .....</b>	<b>74</b>
<b>Cuadro 70: Morfotipos sin síntomas de estrés (grado 1) o con síntomas en la zona basal (grado 2) a los 82 días después del trasplante .....</b>	<b>75</b>
<b>Cuadro 71: Morfotipos con síntomas de estrés en la zona basal (grado 2) a los 89 días después del trasplante .....</b>	<b>75</b>
<b>Cuadro 72: Morfotipos con marcada capacidad de recuperación después del riego ..</b>	<b>76</b>
<b>Cuadro 73: Estadísticas descriptivas y prueba t de Student de las diferencias de promedios del número de tuberculos/plta en morfotipos con RC Y RR.....</b>	<b>77</b>
<b>Cuadro 74: Estadísticas descriptivas y prueba t de Student de las diferencias de promedios del peso de tuberculos/plta en morfotipos con RC Y RR .....</b>	<b>77</b>
<b>Cuadro 75: Promedios y significación estadística de las diferencias de características de plantas de papas nativas crecidas en condiciones .....</b>	<b>78</b>
<b>Cuadro 76: Correlaciones entre características en los morfotipos con Riego Continuo (RC)...</b>	<b>78</b>
<b>Cuadro 77: Correlaciones entre características en los morfotipos con Riego Restringido (RR) .....</b>	<b>78</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Variación de la superficie y el rendimiento nacional entre los años 1950 – 2012.....	5
Figura 2: Esquema del sistema suelo-planta-atmósfera .....	10
Figura 3: Principales eventos fisiológicos asociados al cierre de estomas inducidos por el ácido abscísico (ABA).....	12
Figura 4: Aumento promedio del nivel del mar a nivel mundial en mm .....	15
Figura 5: Parcela en donde se desarrolló el experimento de reacción al calor .....	18
Figura 6: Cobertor donde se desarrolló el experimento de reacción a sequía.....	18
Figura 7: Tubérculos almacenados un mes / Figura 8: Tubérculos al tercer mes de almacenados.....	24
Figura 9: Esquejes de brote de papa nativa en bandejas de enraizamiento / Figura 10: Plántulas de papa nativa con altura entre 15 – 20 cm .....	25
Figura 11: Grada pesada de discos / Figura 12: Arado de discos .....	25
Figura 13: Señalización del terreno / Figura 14: Trasplante de plántulas / Figura 15: Plántulas trasplantadas.....	26
Figura 16: Aporque de plantas.....	26
Figura 17: Tubérculos cosechados / Figura 18: Pesado de tubérculos.....	28
Figura 19: Planta de papa con síntomas de chupadera .....	42
Figura 20: Porcentaje de agua en el suelo por número de pulsos en 30 segundos.....	52
Figura 21: Variación de la humedad volumétrica del sustrato durante el cuarto periodo de control de humedad .....	52
Figura 22: Variación del promedio general de la altura de plantas (cm) de los morfotipos en estudio.....	56
Figura 23: Histograma de diferencias para altura de plantas.....	57
Figura 24: Histograma de diferencias para longitud de entrenudos de morfotipos de papa .....	61
Figura 25: Histograma de diferencias para índice de hoja de morfotipos de papa .....	68
Figura 26: Histograma de diferencias para índice de foliolo terminal de morfotipos de papa .....	71
Figura 27: Diagrama de cajas de peso seco de follaje de morfotipos con RC y RR ....	73
Figura 28: Histograma de diferencias para peso seco de follaje en morfotipos de papa .....	74

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1: Porcentaje de sobrevivencia de los morfotipos en estudio .....</b>	<b>88</b>
<b>Anexo 2: Altura de planta (cm) de los morfotipos en estudio .....</b>	<b>89</b>
<b>Anexo 3: Grosor de tallo (mm) y longitud de entrenudos (cm) de los morfotipos en estudio.....</b>	<b>90</b>
<b>Anexo 4: Índice de hoja (largo/ancho) e índice de foliolo terminal (largo/ancho) de los morfotipos en estudio.....</b>	<b>91</b>
<b>Anexo 5: Grado de ramificación de los morfotipos en estudio.....</b>	<b>92</b>
<b>Anexo 6: Disectividad de los morfotipos en estudio.....</b>	<b>93</b>
<b>Anexo 7: Peso de follaje seco (g) de los morfotipos en estudio .....</b>	<b>94</b>
<b>Anexo 8: Morfotipos considerados susceptibles según el peso seco de follaje (g) .....</b>	<b>95</b>
<b>Anexo 9: Morfotipos considerados tolerantes según el peso seco de follaje.....</b>	<b>96</b>
<b>Anexo 10: Grado de estrés en morfotipos sin riego .....</b>	<b>97</b>
<b>Anexo 11: Peso de tubérculos/plta (g) y número de tuberculos de los morfotipos en estudio.....</b>	<b>98</b>

## RESUMEN

El desbalance de la cantidad de gases de efecto invernadero en la atmósfera ha elevado los niveles de temperatura contribuyendo con el calentamiento global, causando alteraciones en las condiciones climáticas y afectando en las plantas sus funciones vitales. Al ser la papa uno de los cultivos con mayor importancia a nivel mundial y a su vez estar dentro del grupo de plantas sensibles a estos cambios medio ambientales, es de importancia su estudio. Con estas consideraciones, se realizó un ciclo de evaluación de reacción al calor de plantas procedentes de esquejes de 98 muestras sembradas en campo de la Universidad Nacional Agraria La Molina en los meses de septiembre 2017 a marzo 2018, evaluándose el porcentaje de sobrevivencia e identificando diferencias y respuestas en los indicadores morfológicos. Se destaca una alta mortandad en las plantas debido una marcada susceptibilidad a las altas temperaturas acompañada con una alta incidencia y severidad de plagas y enfermedades. No obstante, los morfotipos Yuracc piña (BGR 254) y Wacash (BGR 285) resultaron ser los más tolerantes. Por otro lado, en el Instituto Regional de Desarrollo de sierra de la UNALM (San Lorenzo, Jauja, 3250 msnm), se realizó un tamizado preliminar de la reacción a sequía de 69 muestras de morfotipos de papas nativas en el que se evaluaron diferencias en indicadores morfológicos del crecimiento, desarrollo y producción de tubérculos en respuesta a tratamientos de riego continuo (RC) y riego restringido (RR). En cada ciclo, 02 o 03 plantas fueron regadas cada 1-2 días (RC) con igual cantidad de agua por maceta y las otras 03 se regaron cada 5 días (RR), cuando mostraban síntomas de estrés por sequía. Resulto significativa la diferencia de promedios solamente en las variables peso de follaje seco y grosor de tallo en los morfotipos sometidos a RR y RC. Sin embargo, se resaltan aquellos morfotipos que bajo condiciones de RR presentan promedios superiores a aquellos bajo RC. Los componentes del rendimiento presentan una correlación positiva y se evidencia una significativa reducción en ambos bajo riego restringido. No obstante, se destacan aquellos morfotipos que aún bajo condiciones adversas de sequía mostraron mayores promedios. Dentro de los tolerantes a la sequía se encuentran el BGR 19 (‘Rayhuana’); el BGR 99 (‘Yuracc ñahui hualash’); el BGR 170 (‘Yana utcush’); y el BGR 238 (‘Muru huayro’).

**Palabras clave:** Sequía, Calor, morfotipo, indicadores morfológicos, riego.

## ABSTRACT

The imbalance of the amount of greenhouse gases in the atmosphere has raised temperature levels contributing to global warming, causing alterations in climatic conditions and affecting plants in their vital functions. Being the potato one of the most important crops worldwide and in turn being within the group of plants sensitive to these environmental changes, its study is of importance. With these considerations, an evaluation cycle of reaction to heat of plants from cuttings of 98 samples sown in the field of the Universidad Nacional Agraria La Molina was carried out in the months of September 2017 to March 2018, evaluating the survival percentage and identifying differences and responses in morphological indicators. There is a high mortality rate in plants due to a marked susceptibility to high temperatures accompanied by a high incidence and severity of pests and diseases. However, the Yuracc piña (BGR 254) and Wacash (BGR 285) morphotypes were found to be the most tolerant. Furthermore, in the Instituto Regional de Desarrollo de la UNALM (San Lorenzo, Jauja, 3250 masl), a preliminary screening of the reaction to drought of 69 morphotypes of native potatoes was carried out in which differences in morphological indicators of growth, development and production of tubers were evaluated in response to treatments of continuous irrigation (RC) and restricted irrigation (RR). In each cycle or period, 02 or 03 plants were watered every 1-2 days (RC) with the same amount of water per pot and the other 03 were watered every 5 days (RR), when they showed symptoms of drought stress. The mean difference was significant only in the variables dry foliage weight and stem thickness in the morphotypes subjected to RR and RC. However, those morphotypes that under RR conditions present higher averages than those under CR are highlighted. The yield components present a positive correlation and a significant reduction is evidenced in both under restricted irrigation. However, those morphotypes that even under adverse drought conditions showed higher averages stand out. Among those tolerant to drought are BGR 19 (‘Rayhuana’); the BGR 99 (‘Yuracc ñahui hualash’); the BGR 170 (‘Yana utcush’); and the BGR 238 (‘Muru huayro’).

**Key words:** drought, heat, morphotype, morphological changes, irrigation.

## I. INTRODUCCIÓN

La temperatura es uno de los factores ambientales más importantes para el crecimiento de los cultivos y su productividad (Howarth, 2005). En los últimos años se ha generado un desbalance en la cantidad de gases de efecto invernadero presentes en la atmósfera los cuales incrementan la temperatura media terrestre, contribuyendo con el calentamiento global y cambio climático que por sus efectos altera las funciones vitales de los seres vivos según su fuerza, duración y generando respuestas de acuerdo a su habilidad de adaptación (Larcher, 2003) El incremento de temperatura puede ayudar a incrementar la producción de los cultivos si las temperaturas son óptimas, pero será perjudicial cuando las plantas no resisten dicho aumento (Turner y Kramer, 1980).

Por otro lado, para una adecuada producción de papa el clima debe ser frío. Egúsqiza (2014) indica que es deseable que las temperaturas promedio sean menores a 20 °C. De la misma manera, indica que el cultivo de papa es muy sensible a la falta de agua. Se reconoce que las variaciones hídricas afectan la calidad de las cosechas de papa al provocar segundos crecimientos y deformaciones diversas (Moorby 1970). Por lo expuesto, los extremos hídricos y térmicos se constituyen en amenazas físicas permanentes para una mejor producción de papa principalmente en la sierra del Perú donde existe mayor cantidad de área sembrada.

La presente investigación tiene como objetivo general contribuir con el conocimiento de la reacción de las plantas de papas nativas como respuesta a las condiciones de mayor temperatura y sequía en escenarios de cambio climático; los objetivos específicos son el registro de cambios morfológicos asociados a la reacción de plantas de variedades nativas en condiciones de calor y sequía; registrar diferencias en las respuestas entre cultivares de papas nativas en condiciones de calor y sequía e identificar cultivares con mayor tolerancia al estrés por calor y sequía.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 TERMINOLOGÍA

**2.1.1 Adaptación:** Es el conjunto de cambios heredables que se producen en una población de una especie, como consecuencia de modificaciones ambientales donde se desarrolla y reproduce. Estos cambios aumentan la probabilidad de un organismo a sobrevivir y reproducirse, además constituye un mecanismo de evolución (Sevilla y Holle, 2004).

**2.1.2 Calor:** Manrique (2001) menciona que es la energía en tránsito a través de un sistema; el calor se transfiere de mayor a menor temperatura. Holman (1999) afirma que es la transferencia de energía entre dos cuerpos.

**2.1.3 Cambio climático:** Ordoñez (2016) lo define como la variación en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un periodo prolongado (normalmente decenios o incluso más). El cambio climático se puede deber a cambios en los procesos naturales internos o externos, o bien a cambios antropogénicos en la composición de la atmósfera o en el uso de las tierras. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC; IPCC, 2001) lo define como ‘un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables’. Además, la CMCC diferencia ‘cambio climático’ de ‘variabilidad climática’ la que es atribuida a causas naturales.

**2.1.4 Déficit hídrico:** Es la reducción de agua disponible en un suelo para el aprovechamiento de las plantas, lo que genera que el contenido hídrico de los tejidos vegetales presente “estrés hídrico”, ocasionando que los procesos metabólicos (crecimiento y desarrollo) de la planta disminuyan notablemente (Chimentic, 2005).

**2.1.5 Estrés:** Es cualquier factor ambiental que impacta sobre los seres vivos y es capaz de producir modificaciones morfológicas o fisiológicas como medida de respuesta. Estas modificaciones pueden generar o derivar en daño, las cuales pueden ser reversibles o irreversibles (Sevilla y Holle, 2004). Levitt (1980), cita que el estrés es “cualquier factor potencialmente desfavorable para un organismo viviente”.

**2.1.6 Fotoperiodo:** Es el periodo de iluminación solar comprendido desde la salida hasta la puesta del sol. También se le conoce como duración del día solar o duración máxima del día (García, 1994).

**2.1.7 Horas de sol:** Según Guijarro citado por Giraldez (2009), el brillo solar, insolación o heliofanía, representa el tiempo total durante el cual incide la luz solar en una localidad.

**2.1.8 Sequía:** Agronómicamente se define a la sequía como la falta de humedad en el suelo que afecta el normal crecimiento y desarrollo de la planta. La sequía afecta el potencial genético productivo de las cosechas, puede ocurrir en cualquiera etapa fenológica del cultivo y según las condiciones tendrá una determinada duración (Saravia, 2011).

Kramer (1975) define a la sequía como la insuficiencia de agua disponible en el suelo para cubrir las necesidades de un cultivo en un determinado estado de desarrollo, que produce en la planta déficits hídricos como para ocasionar reducción en el rendimiento. Desde el punto de vista agrometeorológico, la sequía es un evento caracterizado por la ausencia de precipitación en un periodo largo, la cual genere detrimento en la humedad del suelo y por consecuencia daño en las plantas que crecen en el (Martínez y Huamán, 1988).

**2.1.9 Temperatura:** Según Romo citado por Giraldez (2009), es la medida del nivel de calor que determina la velocidad de las moléculas que presenta un ser vivo, objeto o lugar. Es uno de los elementos meteorológicos más trascendentes en la agricultura porque influye en todos los procesos fisiológicos del crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos. Manrique (2001) refiere que la temperatura es una propiedad termodinámica difícil de definir y la considera como una actividad molecular.

## 2.2 CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.)

Alonso (1996) sostiene que la papa es una planta herbácea anual; potencialmente perenne debido a que es capaz de reproducirse por tubérculos. Mendoza (2000) refiere que la papa ocupa un lugar destacado en diferentes regiones, gracias a su rendimiento, corto periodo vegetativo, valor nutritivo y su versatilidad para ser integrado en programas de cultivo.

La papa es el cuarto cultivo más importante a nivel mundial (INIAP, 2014). Egúsqiza (2014) menciona que el aporte energético de la proteína de la papa no es muy diferente al de la leche materna y la avena, que es igual al del trigo y mayor al aporte energético de proteínas del arroz, maíz y otros. Además, indica que este tubérculo aporta hasta más del 100% de varios aminoácidos que requiere un adulto.

Según los resultados del último censo agropecuario (2012), en el Perú la superficie nacional cosechada de papa ocupó el segundo lugar entre los principales cultivos transitorios (Cuadro 1). Además, el Perú es el país con mayor diversidad de papas en el mundo, cuenta con 8 especies cultivadas y alberga 91 de las 200 especies silvestres (MINAG, 2014).

**Cuadro 1: Superficie cosechada (hax1000) de los principales cultivos anuales**

Cultivos	1961	1972	1994	2012
Maíz	340,8	374,4	497,8	568,4
<b>Papa</b>	<b>185,6</b>	<b>238,4</b>	<b>350,7</b>	<b>367,7</b>
Arroz	76,6	112,1	135,4	177,6
Yuca	44,1	45,1	128,8	94,6
Cebada	172,1	195,4	187,3	45,4
Trigo	155,5	147,7	100,0	45,2
Algodón	243,2	117,3	87,9	27,1
Quinua	11,7	15,1	21,5	24,0
Camote	16,2	13,0	10,8	14,2

**Fuente:** Fuente: I, II, III Y IV Censos Nacionales Agropecuario

Egúsqiza (2014) menciona que la altitud sobre el nivel del mar determina la presencia de zonas o ciclos de producción, que a su vez origina las “campañas agrícolas” de papa que se diferencian por las épocas o periodos de siembra y cosecha (Cuadro 2), además refiere que el área sembrada con papa en el Perú en la campaña 2003 – 2004 fue de 26.1 mil hectáreas y en la campaña 2012- 2013 ascendió a 323.3 mil ha (Figura 1).

## Cuadro 2: Ciclos o “campañas” de producción de papa en el Perú

Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Pre siembra		Siembra		Mantenimiento				Cosecha			
<b>SIERRA ALTA (&gt;3000 msnm)</b>											
Siembra				Cosecha							Siembra
<b>SIERRA MEDIA (2000 - 3000 msnm)</b>											
		Cosecha		Post cosecha		Presiembra		Siembra		Post cosecha	
<b>COSTA (0 - 500 msnm)</b>											
<b>INTERANDINO (2000 - 2500 msnm)</b>											
		Pre siembra				Siembra				Cosecha	
<b>INTERANDINO NORTE</b>											
Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio

Fuente: Egúsqiza, 2014

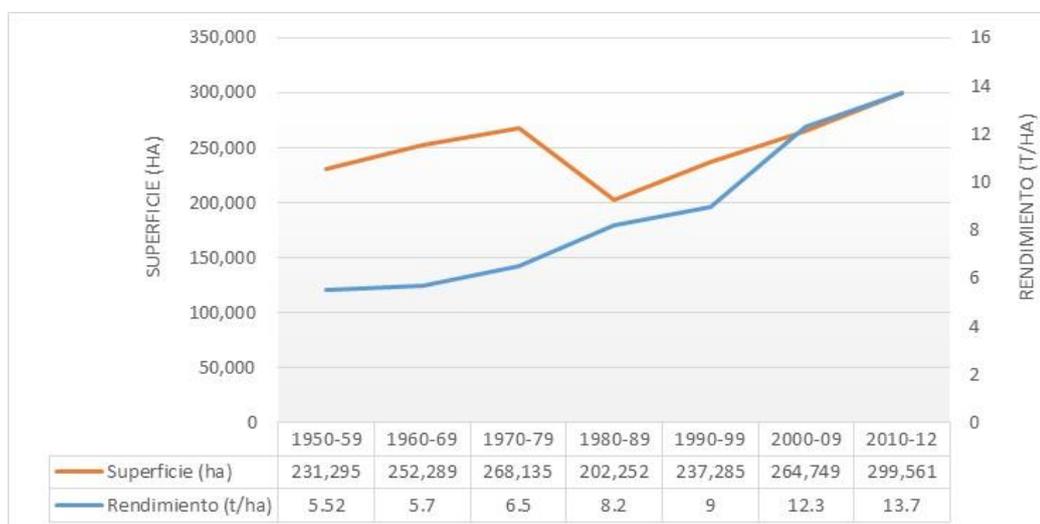


Figura 1: Variación de la superficie y el rendimiento nacional entre los años 1950 - 2012

Spooner y colaboradores citados por Carlos (2016), indican que la papa moderna, *Solanum tuberosum*, fue domesticada a partir de especies silvestres del complejo *Brevicaule*; la especie *Solanum bukasovii*, perteneciente al grupo *brevicaule*, probablemente contribuyó con el origen de la primera especie cultivada *Solanum stenotomum*, especie diploide primitiva al igual que sus ancestros silvestres (Watanabe *et al*, citado por Carlos, 2016).

En los andes peruanos las papas nativas son cultivadas bajo dos sistemas: unas pocas variedades son cultivadas con fines comerciales; y otro grupo más numeroso es sembrado por los campesinos en forma de mezcla (“chagro”) en la cual cada familia siembra 10 a

100 cultivares con la finalidad de asegurar la producción, contrarrestar problemas medioambientales y evitar la proliferación de plagas y enfermedades (Durand, 2012).

Gutiérrez (2008) sostiene que el Centro Internacional de la Papa (CIP) ha catalogado más de 4000 variedades de la región andina, 2500 de los cuales son cultivares peruanos. Hawkes (1990), Ochoa (1999), y Huamán y Spooner (2002), citados por Carlos (2016) clasifican a las papas cultivadas en 7, 9 y en una sola especie respectivamente.

## **2.3 INFLUENCIA DE LAS VARIABLES CLIMATICAS EN LA PAPA**

**2.3.1 Temperatura:** Según Ku *et al* citado por Giraldez (2009), la temperatura óptima para la fotosíntesis en papa está entre 16 a 25 °C. Sin embargo, la producción de fotosintatos es mucho mayor a temperatura de 20 °C, temperatura en la cual la tasa de fotosíntesis neta es alta. A medida que la temperatura aumente progresivamente la tasa de respiración se incrementa y disminuye la tasa de fotosíntesis neta. De la misma forma, Buitrago citado por Giraldez (2009), indica que la temperatura además del efecto sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, también influye en el proceso fotosintético de éstas; el rango de 20 a 25 °C es el ideal para una tasa de fotosíntesis neta adecuada, por encima de estos valores la tasa de asimilación de CO<sub>2</sub> declina substancialmente. Los máximos valores de fotosíntesis se registran entre 9:00 am y 2:00pm.

Egúsquiza (2014) refiere a que la planta de papa debe recibir el estímulo de temperaturas bajas (frío). Agrega que, en general, las condiciones ideales para el crecimiento, desarrollo y tuberización están comprendidas entre 10 a 20 °C. Mendoza (2000) refiere que una temperatura promedio óptima para un buen rendimiento de la mayoría de variedades comerciales, es de 15 a 20 °C. Además, detalla que la papa por su origen ha sido considerada como un cultivo de clima frío, no obstante, es importante observar que en Europa y Norteamérica se ha logrado adaptarla a otras condiciones de temperatura (20 a 25 °C en promedio) mediante intensas selecciones y programas de mejoramiento.

Loayza (1993) detalla que para una adecuada emergencia del cultivo de papa la temperatura óptima es de 20 a 22 °C, temperaturas más bajas o más altas reducen la tasa

de emergencia. Las temperaturas superiores a 25 °C reducen la tasa de emergencia hasta 75% y las superiores a 30 °C hasta 25%.

**2.3.2 Fotoperiodo:** Egúsquiza (2014) resalta que, para las variedades de papa producidas en el Perú, los días de 10 a 12 horas de duración son apropiadas. Sevilla y Holle (2004) mencionan que en la faja ecuatorial las variedades de papa tuberizan muy bien en días con 10 horas de luz, pero no forman tubérculos en días de más de 16 horas. Alonso (1996) sostiene que bajo condiciones de día corto, las plantas de las variedades de la sub especie *tuberosum* tuberizan pronto, los estolones son cortos y la vegetación no alcanza mucho tamaño. Por el contrario, bajo condiciones de día largo, la planta tuberiza mas tarde, los estolones son más largos y la vegetación crece más. Además, refiere que en general se puede establecer que bajo días cortos y temperaturas bajas, la tuberización se adelanta; bajo días cortos y temperaturas altas, las variedades de ciclo corto tuberizan y desarrollan sus tubérculos mucho antes que las variedades de ciclo largo y que bajo días largos y temperaturas altas, la tuberización se ve fuertemente perjudicada.

**2.3.3 Intensidad de luz:** Alonso (1996) menciona que con bajas intensidades luminosas se estimula el crecimiento de la vegetación y se retasa el crecimiento de los tubérculos. Diferentes pisos altitudinales proveen diferentes intensidades lumínicas las cuales influyen en el crecimiento y desarrollo del cultivo.

## **2.4 ESTRÉS POR ALTA TEMPERATURA Y MECANISMOS DE RESISTENCIA**

Prado (1999) detalla que las causas del estrés en plantas pueden ser bióticos o abióticos. Entre los bióticos están los organismos vivos y los abióticos son las variaciones en las condiciones medio ambientales (Temperaturas altas o bajas, salinidad excesiva, escasez de agua, cambios en la intensidad de luz, carencia de nutrientes, entre otros). Agrega que las plantas manifiestan las siguientes respuestas frente al efecto estresante: Alarma: Cuando la planta presenta alteraciones en sus funciones normales frente al estrés, por un tiempo prolongado; Resistencia: Cuando al prolongarse la situación de estrés, el organismo logra sobreponerse a esta condición mediante mecanismos de adaptación, con lo cual la función metabólica afectada tiende a normalizarse; Agotamiento: Cuando el

estrés supera la capacidad de resistencia, lo que ocasiona nuevas alteraciones, muchas de ellas de carácter irreversible en su funcionamiento y eventualmente pueden conllevar a la muerte.

Para Gonzales (1999) existen tres estrategias de las plantas frente al estrés: Tolerancia: En esta situación la planta convive con el estrés, Evasión: La especie evita el factor estresante de alguna manera y Escape: Cuando la planta cumple su ciclo biológico en poco tiempo y además logra coincidir ese periodo con aquellas condiciones más favorables.

Ekanayake (1994) agrega a la recuperación como otro mecanismo de respuesta de la planta y la define como la capacidad de la planta para continuar con los procesos de crecimiento luego de un periodo estresante. Sevilla y Holle (2004) mencionan los siguientes dos mecanismos de resistencia en plantas frente a un estrés: Evasión: Es la reducción del estrés por la formación de alguna clase de barrera que interpone la planta. Es la habilidad para que los factores externos no causen daño; y Tolerancia: Es la habilidad para soportar las modificaciones que produce el estrés. En este caso las células del organismo están expuestas al estrés, pero este no causa perjuicios.

De La Torre (1999) citado por Domínguez (2008), detalla que el estrés térmico (altas temperaturas) está asociado con el déficit hídrico y es muy difícil separar ambos efectos. El déficit hídrico genera el cierre de estomas, disminuye la tasa de transpiración y se genera sobrecalentamiento de la hoja. Esto concuerda con lo planteado por Taiz y Zeiger (1998) quienes indican que en estrés hídrico la planta cerrará estomas y no ocurrirá un enfriamiento del follaje por medio de la transpiración que afecta la fisiología de la planta.

Taiz y Zeiger (1998) refieren que pocas especies de plantas superiores sobreviven a una temperatura superior de 45 °C; células o tejidos de plantas superiores que no están creciendo y se encuentran deshidratadas (por ejemplo, semillas y polen), pueden sobrevivir a temperaturas más altas que las células vegetativas hidratadas en crecimiento (Cuadro 3).

**Cuadro 3: Temperaturas letales por calor**

Planta	Temperatura letal por calor °C	Tiempo de exposición
<i>Nicotiana rustica</i> (tabaco silvestre)	49 - 51	10 min
<i>Cucurbita pepo</i> (calabaza)	50 - 51	10 min
<i>Zea mays</i> (Maíz)	51 - 51	10 min
<i>Brassic napus</i> (nabo)	52 - 51	10 min
<i>Citrus aurantium</i> (naranja agria)	50,5	15 - 30 min
<i>Opuntia</i> (cactus)	65	-
<i>Sempervivum arachnoideum</i> (suculenta)	57 - 61	-
Hojas de papa	42,5	1 hora
Plantulas de pino y abeto	54 - 55	5 min
Semillas de alfalfa	120	30 min
Uva (fruto maduro)	63	-
Tomate (fruto maduro)	45	-
Polen de pino rojo	70	1 hora
Hidratados	42 - 51	-
Deshidratados	85 - 110	-

**Fuente: Taiz y Zeiger, 1998**

Mendoza y Estrada (1979) realizaron en el CIP mejoramiento genético de la papa para tolerancia al calor; reportaron que la resistencia está gobernada por tres genes con los cuales se formaron poblaciones heterogéneas y heterocigotas con germoplasma de 7 especies distintas seleccionadas en condiciones tropicales limitantes como Yurimaguas, en plena selva amazónica del Perú.

Knut (1914) sugiere que la temperatura tiene una influencia en variedades de papa precoces, intermedias y tardías, siendo estas últimas las que mayor cantidad de sustancias acumulan al disponer de factores térmicos superiores que en el caso de las precoces no son utilizables por haber culminado su ciclo vegetativo.

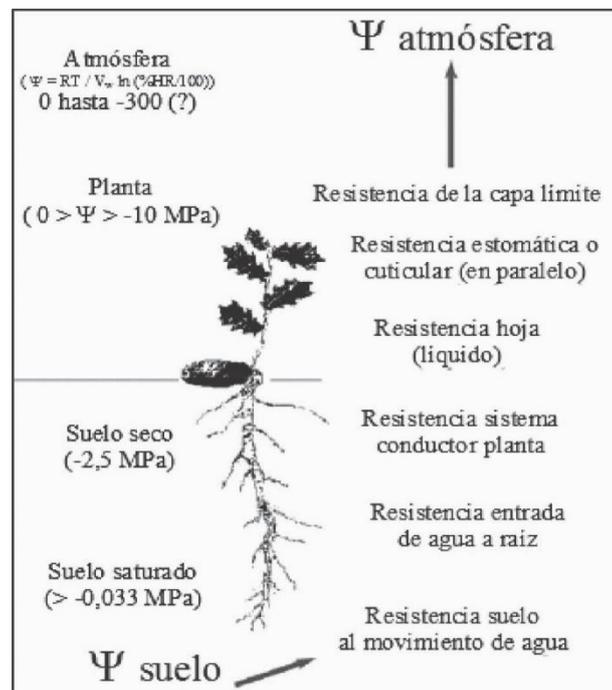
Hawkes, citado por Calderón en 1988, sostiene que la tuberización es el resultado de la acumulación de carbohidratos y que los factores ambientales ejercen una influencia en el contenido de estos en la planta, además señala que las altas temperaturas intensifican la respiración, consumiéndose los carbohidratos e impidiendo su acumulación.

El peso del tubérculo es el resultado final de diversos factores tales como la rapidez de crecimiento de hojas y tallos, la producción y distribución de nutrientes, el tiempo de iniciación de tuberización y la senescencia del follaje. Altas temperaturas son favorables para el crecimiento del tallo, pero desfavorables para la expansión de hojas y producción de tubérculos (Quevedo, 1977). Jones (1922) indicó que el óptimo de geotemperatura para la planta de papa fluctúa entre los 15 y 18 °C.

## 2.5 DINÁMICA DEL AGUA EN EL SISTEMA SUELO-PLANTA-ATMÓSFERA

El agua en las plantas tiene cuatro funciones principales: 1) Es constituyente del protoplasma (85 a 95% de los tejidos en crecimiento). 2) Es un reactivo en procesos como la asimilación de CO<sub>2</sub> e hidrólisis de compuestos. 3) Es agente en el transporte de sales y medio de difusión de los gases que ingresan a la planta. 4) Es importante para mantener turgente las células y tejidos y de esa manera mantener el crecimiento, división celular y otros procesos fisiológicos y metabólicos en las plantas (Kramer, 1969).

La dinámica del agua en el sistema suelo-planta-atmosfera es descrito como un proceso en cadena (Kramer, 1969); bajo este sistema, el agua se mueve en un “continuum”, desde sitios de potenciales altos (suelo) hasta potenciales bajos (atmósfera), de esta manera atraviesa toda la planta (Figura 2). Ekanayake (1994) compara el movimiento de agua y las resistencias que encuentra con el flujo de la electricidad, donde el flujo es una función de la caída de potencia a lo largo de la vía y de las resistencias. El transporte consiste en el movimiento del suelo hacia la raíz, la absorción de agua por la raíz, el flujo de la raíz hacia las hojas y el flujo hacia la atmosfera desde la superficie de transpiración de las hojas.



Fuente: Aranda et al, 2005

Figura 2: Esquema del sistema suelo-planta-atmósfera

El término potencial hídrico del agua se usa para medir y expresar el estado hídrico en las plantas, el suelo y atmósfera. Ekanayake (1994) refiere que el estrés de la planta por falta de agua puede describirse en términos de la situación de la energía libre específica total de agua en la planta o potencial de agua, en unidades de presión.

Martínez (1988) menciona que para que el agua ingrese a la planta debe haber un gradiente decreciente de potencial de agua desde el suelo hacia las raíces, y para que el agua sea transportada y posteriormente transpirada, el gradiente debe continuar decreciendo a lo largo de toda la planta hasta la atmósfera. Por lo tanto, la tasa de flujo de agua tendrá una relación directa con el gradiente de potencial de agua a lo largo de todas las secciones de la planta y una relación inversa a las resistencias al flujo de agua. Indica además que para mantener un balance hídrico positivo ideal, las pérdidas por transpiración deben ser compensadas por una suficiente absorción de agua del suelo por medio de las raíces.

## **2.6 EFECTO DEL ESTRÉS POR SEQUÍA EN PLANTAS**

Cuando están sometidas a estrés por sequía, las plantas interponen cambios en sus procesos metabólicos, fisiológicos, morfológicos y fenológicos que le permiten adaptarse (Boyer, 1982). El déficit hídrico en las plantas, significa insuficiencia interna de agua y puede ser generado por la escasa disponibilidad de agua en el suelo o por la pérdida de agua por transpiración; si los niveles de transpiración son altos y se supera la absorción de agua por las raíces se genera un balance hídrico negativo (Larcher, 1977).

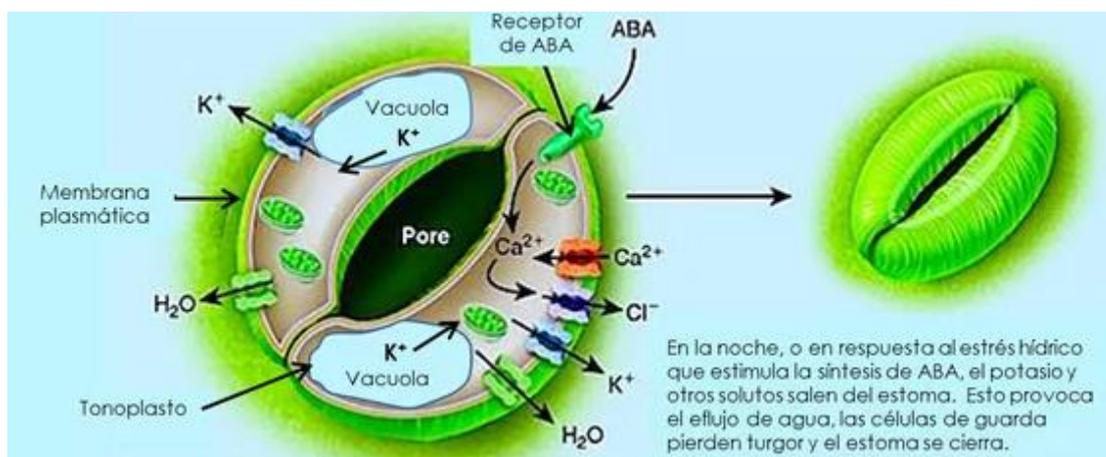
### **2.6.1 Reducción en el área foliar como adaptación temprana al déficit hídrico**

Taiz y Zeiger (1998) sostienen que uno de los síntomas más tempranos del estrés por sequía son los cambios biofísicos; a medida que el contenido de agua disminuye la célula se encoge y las paredes celulares se aflojan, esto se traduce en una menor presión de turgencia o hidrostática; a medida que se pierda cada vez más agua los solutos en las células se vuelven más concentrados, la membrana plasmática se vuelve más gruesa y más comprimida y cubre un área más pequeña que antes.

Por otra parte, los mismos autores concluyen que al haber una menor área foliar la planta transpira menos, conservando de modo efectivo el suministro limitado de agua por el suelo. Además, sostienen, que no solo disminuye el tamaño de la hoja si no el número de hojas en la planta debido a que se disminuye el número y la tasa de crecimiento de las ramas.

### 2.6.2 Ácido abscísico como protagonista del cierre de estomas

Ekanayake (1994) sugiere que tanto las citokininas como el ácido abscísico (ABA), juegan un rol importante en la comunicación de las raíces con los brotes; cuando se produce estrés en la planta, los niveles endógenos de ABA aumentan por encima de un nivel de potencial de agua de la hoja. Indica además que existe una estrecha relación entre la actividad de los estomas y la acumulación de ABA (Figura 3). Además, se sintetiza de modo continuo a una tasa baja en las células del mesófilo y tiende a acumularse en el cloroplasto, cuando se genera una deshidratación en el mesófilo suceden dos cosas: el ABA almacenado en el cloroplasto sale hacia la zona del apoplasto y es llevado por el torrente respiratorio hacia las células guardianes y la tasa de síntesis neta de ABA aumenta.



Fuente: Peñaloza, 2017

Figura 3: Principales eventos fisiológicos asociados al cierre de estomas inducidos por el ácido abscísico (ABA)

La redistribución del ABA está en función del gradiente del pH dentro de la hoja, de las propiedades de ácido débil de la molécula, y de las propiedades de permeabilidad de las membranas celulares. En una hoja no estresada que está fotosintetizando, el pH del estroma es mayor que la del citosol, esta diferencia hace que el ABA se acumule en el cloroplasto. Un efecto en la deshidratación generará que el pH en el estroma sea menor que el del citosol, permitiendo la salida de algo de ABA (Taiz y Zeiger, 1998).

### **2.6.3 Efecto del estrés de sequía sobre el crecimiento y rendimiento de las plantas**

La disminución del desarrollo foliar y el crecimiento de otros órganos de la planta ocurren debido a la poca división y expansión celular, eventos que están relacionados y en conjunto son afectados por el estrés hídrico (Martínez y Huamán, 1988). Salter y Goode (1967) indicaron que el periodo de la planta de papa más afectado por la sequía es la tuberización.

Mamani (2000) reportó que los estados fenológicos más susceptibles a la sequía en papa fueron la emergencia y el inicio de la formación de estolones cuando el daño a la parte aérea de la planta fue superior al 50%. Asimismo, encontró que una sequía temprana (sequía pre-tuberización) ocasionaba tubérculos más pequeños tanto en variedades sensibles como en tolerantes con respecto a una sequía tardía. Por otra parte, Moorby 1970 afirmó que el crecimiento de los tubérculos se restringe en algunas regiones de este presentándose segundos crecimientos y deformaciones diversas.

Harris (1978) afirma que la papa es un cultivo muy sensible al déficit hídrico y que los rendimientos varían año tras año de acuerdo al suministro de agua brindado. Además, sostiene que la planta de papa puede aumentar hasta dos toneladas, por cada centímetro de agua aplicado por riego o por medio de la precipitación.

Haverkort, citado por Mamani (1993) menciona que los estomas de las hojas de papa se abren durante el día debido a la luz solar, pero estos se cierran cuando ocurre un estrés hídrico básicamente para prevenir la desecación, lo que genera la reducción de la transpiración y reducción de la fotosíntesis, el calentamiento de la hoja y por consiguiente la disminución del rendimiento. Mamani (1993) encontró que el estrés hídrico afectó el ritmo de crecimiento y la morfología de las plantas de papa, así como el rendimiento.

## **2.7 CAMBIO CLIMÁTICO**

### **2.7.1 Efectos del cambio climático en la agricultura**

Según Bustamante, citado por Guzmán (2013), para algunas zonas del Perú los principales efectos relacionados al cambio climático se expresarán en las variaciones de la temperatura diurna, incrementos en la temperatura máxima, en el ciclo hidrológico, debido a las altas tasas de evaporación, cambios en la estacionalidad y cantidad de precipitación, así como en frecuentes sequías o inundaciones.

Nelson et al (2009) y Velásquez (2011) señalaron que la temperatura tiene un gran efecto sobre los procesos fisiológicos de los cultivos, puede aumentar o disminuir la producción, de la misma manera que puede propagar plagas y malas hierbas. Gutiérrez (2008) refiere que el cultivo de papa tendrá efectos adversos a consecuencia del cambio climático y se pronostica que durante los próximos 50 años reducirá su rendimiento entre 18% y 32% en variedades poco adaptadas y en 9 % en variedades adaptadas.

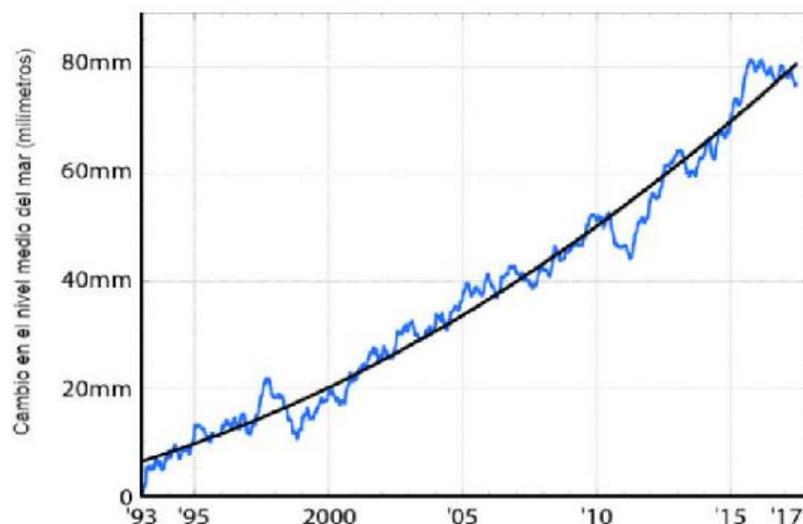
Nelson et al (2009) indican que en los países en vías de desarrollo el cambio climático reducirá el rendimiento de los cultivos de trigo y del arroz bajo riego que serán los más afectados. Por otra parte, los cambios en los regímenes de lluvia aumentan las probabilidades de fracaso de las cosechas y de la reducción de la producción a largo plazo.

Ramos (2010) afirma que el calentamiento global tendría un impacto en las plantas modificando la fenología, según las especies, puesto que tienen que acumular un número determinado de grado-día para llegar a la floración o fructificación.

### **2.7.2 Cambios observados en el sistema climático**

De acuerdo al Quinto Informe de Evaluación (AR5 por sus siglas en inglés) del IPCC (IPCC, 2013), los cambios en el clima observados son:

- Aumento lineal de la temperatura media global (promedio de la temperatura de la superficie terrestre y oceánica) de 0.85 °C [0.65 °C a 1.06 °C] durante el periodo 1850-2012. Siendo las tres últimas décadas (1983-2012) los más cálidos en los últimos años.
- Disminución de la masa de los mantos de hielo de Groenlandia y la Antártida; retroceso en los glaciares y una reducción muy importante del hielo del Ártico.
- Aumento del nivel medio del mar de 0.19 m entre 1901 y 2010. Así, el nivel medio del mar ha aumentado 1,7 mm/año en el periodo 1901-2010 y 3,2 mm/año entre 1993 y 2010 (Figura 4).
- Aumento del número de las precipitaciones severas a partir de 1950 en más regiones que en las que ha disminuido.
- Persiste un nivel de confianza bajo sobre la tendencia global de las sequías y la actividad ciclónica, aunque con diferencias entre regiones. Por ejemplo, es muy probable que la frecuencia e intensidad de los ciclones tropicales más severos en el Atlántico norte se haya incrementado desde 1970.



Fuente: IPCC, 2013

Figura 4: Aumento promedio del nivel del mar a nivel mundial en mm

### 2.7.3 Adaptación al cambio climático

El IPCC (2007) define a la adaptación como: “Iniciativas y medidas encaminadas a reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos ante los efectos reales o esperados del cambio climático. Existen diferentes tipos de adaptación; por ejemplo: preventiva y reactiva, privada y pública, y autónoma y planificada”.

El MINAM (2010) indica que el Perú es un país altamente vulnerable al cambio climático, debido a la pobreza e inequidad existente y también al ser un país con grandes ecosistemas de importancia como la Amazonia y los Glaciares. Ramos (2010) sostiene que se requiere desarrollar modelos para evaluar el impacto del cambio climático sobre el balance hídrico de los cultivos con riego.

Sabogal (2017) refiere que el Perú es un país particularmente vulnerable al cambio climático debido a que presenta variabilidad de ecosistemas. Por otra parte, el fenómeno del niño afecta la zona costera trayendo consigo inundaciones y sequías alternadas que presentara modificaciones a consecuencia del cambio climático, otro problema que lo hace vulnerable es la contaminación la cuales es más severa en las zonas urbanas.

El IPCC (2007) ha identificado tres tipos de adaptación, las cuales son:

- a.** Adaptación anticipadora: Este tipo de adaptación se da antes que ocurran los eventos originados por el cambio climático.
- b.** Adaptación autónoma: Este tipo de adaptación se da de manera inconsciente en respuesta a los estímulos climáticos, es desencadenada por cambios ecológicos en los sistemas naturales, por alteraciones del mercado o del bienestar de los sistemas humanos.
- c.** Adaptación planificada: Basada en la comprensión de los efectos adversos que trae el cambio climático y de la necesidad de adoptar medidas que retornen al estado deseado, para mantenerlo o alcanzarlo, surge de una serie de decisiones expresadas en un marco de políticas.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 PLAN GENERAL DEL EXPERIMENTO**

##### **A. Experimento de reacción al calor en papas nativas en la UNALM**

En el presente trabajo se mantuvieron en oscuridad tubérculos de 98 muestras de papa nativa para promover la elongación de sus brotes, extraerlos e instalarlos en almacigo para obtener esquejes. Una vez que las plántulas tuvieron un tamaño de 10 a 15 cm, se procedió al trasplante en campo definitivo y se registraron caracteres morfológicos y se identificaron cultivares con mayor resistencia al estrés por calor bajo condiciones de primavera – verano de la costa central del Perú.

##### **B. Experimento reacción de papas nativas al estrés por sequía en el IRD Sierra**

Al igual que en el experimento de calor, se emplearon plantas provenientes de esquejes de brotes de 69 muestras de morfotipos del Banco de Germoplasma Regional (BGR) de Huánuco. Una vez que las plántulas tuvieron un tamaño de 10 a 15 cm, se trasladaron al IRD Sierra donde se trasplantaron en macetas bajo un cobertor con techo móvil para aislar las plantas de la lluvia. Los tratamientos fueron riego continuo (RC) y riego restringido (RR); se iniciaron cuando las plantas alcanzaron un promedio general de 40 cm en el que, al mismo tiempo, se cerró el techo corredizo. Tres o dos plantas de cada morfotipo fueron regadas cada 1–2 días (RC) y otras 03 del mismo clon, se regaron con igual cantidad de agua por maceta cada 5 – 6 días, cuando mostraban síntomas de estrés por sequía (RR). Hasta la senescencia de las plantas se realizaron siete ciclos de RC y RR. Durante el periodo de tratamientos se evaluó la humedad disponible en las macetas y se registró el porcentaje de humedad volumétrica del sustrato. Además, se cuantificaron datos morfológicos, en pre cosecha se separó el follaje y registró el peso seco; en la cosecha, realizada a los 120 días después del trasplante, se registró el peso y número de tubérculos. Finalmente, se registraron diferencias de respuestas entre cultivares y se identificaron cultivares con mayor resistencia al estrés por sequía bajo condiciones de verano – otoño en la sierra central del Perú.

### 3.1.1 Lugar de ejecución y ubicación

#### A. Experimento de reacción al calor en papas nativas

El trabajo de campo se realizó en la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), en terreno del programa de Raíces y Tuberosas ubicado en las coordenadas de  $12^{\circ} 4' 55.2''$  S de Latitud,  $76^{\circ} 56' 52.8''$  W y 248 msnm (Figura 5).



Figura 5: Parcela en donde se desarrolló el experimento de reacción al calor

#### B. Experimento de reacción al estrés hídrico por sequía

El trabajo se realizó en el Instituto Regional de Desarrollo (IRD) sierra de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) ubicado en el Distrito de San Lorenzo. Provincia Jauja, Departamento Junín, y en las coordenadas  $11^{\circ}50'48''$  S,  $75^{\circ}23'14''$  W y a 3322 msnm (Figura 6).



Figura 6: Cobertor donde se desarrolló el experimento de reacción a sequía

### 3.1.2 Características climatológicas

#### A. Experimento de reacción al calor en costa central

El cuadro 4 muestra las siguientes variables climáticas:

- **Temperatura:** Durante la fase experimental la temperatura máxima fue de  $28.72^{\circ}\text{C}$  y la mínima de  $19.53^{\circ}\text{C}$  en los meses de febrero y enero respectivamente. Según Buitrago citado por Giraldez (2009), el rango de  $20$  a  $25^{\circ}\text{C}$  es el ideal para una tasa de fotosíntesis

neta adecuada, por encima de estos valores la tasa de asimilación de CO<sub>2</sub> declina substancialmente.

- **Humedad relativa:** El valor máximo fue de 75.37 % y el valor mínimo de 71.97 % en los meses de enero y febrero respectivamente. Al desarrollarse este experimento en los meses de verano se presentaron datos bajos de humedad relativa.

**Cuadro 4: Datos meteorológicos obtenidos durante la fase experimental**

Mes	Temperatura			Humedad relativa	Lluvia acumulada	Viento promedio
	Media	Máx	Mín			
	°C					
ENERO	22.42	26.97	19.53	75.37	0.00	1.34
FEBRERO	23.91	28.72	20.66	71.97	0.00	1.49
MARZO	23.10	28.51	20.02	72.31	0.00	1.46

Fuente: Observatorio Meteorológico Alexander Von Humboldt - UNALM

## B. Experimento reacción a la sequía en sierra central

El cuadro 5 muestra las siguientes variables climáticas:

- **Temperatura:** Durante la fase experimental la temperatura máxima fue de 20.30 °C y la mínima de 2.06 °C. En general, las temperaturas se mantuvieron en el rango de temperatura (10 a 20 °C) favorables para una adecuada tuberización (Egúsquiza, 2014)

**Cuadro 5: Datos meteorológicos obtenidos durante la fase experimental**

Mes	Temperatura			Humedad relativa
	Media	Máx	Mín	
	°C			
ENERO	12.12	18.00	6.23	72.38
FEBRERO	13.06	18.95	7.18	73.38
MARZO	12.89	18.95	6.82	78.41
ABRIL	11.58	18.90	4.26	85.86
MAYO	11.18	20.30	2.06	78.71

Fuente: Estación Experimental Jauja

- **Humedad relativa:** El valor máximo fue de 85.86 % y el valor mínimo de 72.38% en los meses de abril y enero respectivamente.

### 3.1.3 Suelo

#### A. Experimento de reacción al calor en costa central

En el cuadro 6 se observa las características del suelo donde se desarrolló el estudio, el cual posee un pH ligeramente alcalino (7.29) y conductividad eléctrica (CEe) de 5.5 dS/m propia de un suelo moderadamente salino. El nivel de carbonato de calcio es moderadamente calcáreo, el tenor de materia orgánica es medio y, además, el fosforo y potasio extractable presentan valores altos. La textura es franco arcilloso.

**Cuadro 6: Análisis de suelo experimento reacción al calor**

Numero Muestra		pH	CE (1:1)	CaCO3	M.O	P	K	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>
Lab	claves	(1:1)	dS/m	%	%	ppm	ppm	meq/100
102	-	7.29	2.75	2.10	2.32	71.10	537.00	0.00

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos, plantas, agua y fertilizantes - UNALM

#### B. Experimento reacción a la sequía en sierra central

En el cuadro 7 se observa las características del sustrato en donde crecieron los morfotipos de papa cuya densidad aparente es 1.0 g/cc. Posee un pH ligeramente ácido (6.65) y conductividad eléctrica (CEe) de 2.42 dS/m propia de un suelo ligeramente salino; por lo tanto, estos parámetros no son impedimento para el desarrollo y crecimiento del cultivo de papa. El nivel de carbonato de calcio es medio, el tenor de materia orgánica es alto propio de un sustrato constituido por cascarilla de arroz y rastrojos. Por otra parte, el fosforo y potasio extractable presentan valores altos y bajos respectivamente.

**Cuadro 7: Análisis de suelo experimento reacción a la sequía**

Numero Muestra		pH	CE (1:1)	CaCO3	M.O	P	K	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>
Lab	claves	(1:1)	dS/m	%	%	ppm	ppm	meq/100
34	-	6.65	1.21	1.60	15.72	99.60	78.00	0.00

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos, plantas, agua y fertilizantes - UNALM

## 3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

### 3.2.1 Material vegetal

#### A. Material vegetal en el experimento de reacción al calor en papas nativas – UNALM

El cuadro 8 muestra el total de morfotipos BGR empleados en el presente estudio.

**Cuadro 8: Relación de morfotipos BGR empleados en el experimento reacción al calor**

Nombre	Muestra	Morfotipo BGR	Nombre	Muestra	Morfotipo BGR
Yuracc milagro	278	1	s/n (sin nombre)	563	245
Sirabamba	564	5	Garhuash pichiusa	475	247
Yuracc corta shiri	293	6	Garhuash pichiusa	526	247
Tumbash	284	9	Yuracc piña	397	254
Garhuash chaucha	302	10	Yuracc piña	546	254
Runtush	280	13	Yuracc piña	296	254
Rayhuana	425	19	Yana iscu phuru	459	256
Puca pamapamachay	550	24	Garhuash acacluyupa picon	413	269
s/n (sin nombre)	336	44	Garhuash acacluyupa picon	488	269
Hualash	542	45	Quinuapa tullun	400	275
Yana manca ñahui	327	49	s/n (sin nombre)	487	277
yana cunuri	310	50	Yana antujuytu	450	283
Papa simeona	281	62	Wacash	535	285
Allca warmi	393	70	Añaspa chupan juytu	470	290
Allca warmi	377	70	Añaspa chupan juytu	352	290
Garhuash caramarquina	295	81	Azul wacapa ccallum	512	295
Garhuash caramarquina	286	81	Alga juytu	480	296
Garhuash caramarquina	297	81	Yuracc huiclush	496	300
Jacha papa	379	82	Allato juytu	518	306
Shagsha milagro	366	95	Juytu tabardillo	465	310
Puca papa	551	100	Alga huacapa ccallum	508	311
China huayro	430	120	Yana pishgosh	322	317
Muru rosina	561	130	Shuyu juytu	449	319
Puca shagsha selis	387	136	Shuyu juytu	448	319
Puca shagsha selis	340	136	s/n (sin nombre)	525	320
Muru tarma	364	138	wacuy juytu	462	325
Muru tarmeña	562	139	Alcca huayro	391	326
Muru Paltacc	339	145	wacuy juytu	513	326
Muru papa	540	165	s/n (sin nombre)	313	muestra
Garhuash huayro	415	185	Yana pucrog	318	muestra
Garhuash shaqui	411	190	Moñupa maquin	455	muestra
Garhuash shaqui	410	190	Panza de vaca	570	muestra
Puca pishgosh	428	194	Jerga juytu	438	muestra
s/n (sin nombre)	549	195	s/n (sin nombre)	445	muestra
Huayro	519	199	s/n (sin nombre)	370	muestra
Puca chinchis	485	200	s/n (sin nombre)	323	muestra
tarushpa wagran	472	205	s/n (sin nombre)	460	muestra
camote juytu	474	211	s/n (sin nombre)	489	muestra
Yana piña	548	215	s/n (sin nombre)	514	muestra
yana huayro	528	220	s/n (sin nombre)	403	muestra
Añaspa shocum	444	224	s/n (sin nombre)	538	muestra
Yuracc papa topac	307	228	s/n (sin nombre)	330	muestra
Clavel juytu	416	230	s/n (sin nombre)	432	muestra
Clavel juytu	441	230	s/n (sin nombre)	409	muestra
Yuracc mañuco	408	231	s/n (sin nombre)	357	muestra
Yuracc mañuco	408	231	s/n (sin nombre)	418	muestra
Muru huayro	536	238	s/n (sin nombre)	305	muestra
Muru curao	414	240	s/n (sin nombre)	301	muestra
			s/n (sin nombre)	521	muestra

## B. Material vegetal en el experimento de reacción a sequía – IRD Sierra

El cuadro 9 muestra el total de morfotipos BGR empleados en el presente estudio. Por otra parte, se aprecia que hay morfotipos que tienen una, dos o tres muestras.

**Cuadro 9: Relación de morfotipos BGR empleados en el experimento de reacción a sequía**

NOMBRE	Muestra	Morfotipo BGR	NOMBRE	Muestra	Morfotipo BGR
Poquesina	16	16	Puca clavelina	116	141
Chávez papa	239	17	s/n (sin nombre)	235	142
Rayhuana	79	19	Sogo paltacc	105	143
Rayhuana	219	19	Yana simita	248	147
Puca Rosina	242	20	Azul shiri	250	155
Murugara Elena	28	21	Yana shagsha tarma	265	166
Murugara Elena	59	21	Paltacc	83	169
Murugara Elena	221	21	Yana utcush	243	170
s/n (sin nombre)	46	23	Puca huayro	233	192
s/n (sin nombre)	113	23	Puca chinchis	168	200
s/n (sin nombre)	139	23	Algo puñuy	103	201
Guepsha	18	27	Puca chaucha	222	208
Dosis	266	39	Yana huayrush	58	222
Utcush	230	40	Michipis juytu	17	226
Sogusana	72	43	Yuracc chucas	124	236
Yana ultupapachan	267	46	Muru huayro	180	238
Yana paltacc	153	61	Garhuash iscu phuru	205	241
Azúcar cantina	24	69	garhuash pichiusa	177	247
s/n (sin nombre)	110	72	Yana iscu phuru	270	256
Cabrera papa	54	79	Puca Lucha	231	264
Garhuash caramarquina	297	81	Rajanquina	1	273
Muru ñaspa uman	23	84	s/n (sin nombre)	164	277
Shagsha simi	245	88	Azul hueglush	136	286
Muru cerra warmi	187	91	Alga juytu	171	296
Yuracc ñahui hualash	217	99	Juytu papa	148	298
Diliash	57	103	Ultu juytu	74	307
Puca hualash	215	104	Yana pishgosh	255	312
Niñasha	6	116	Azul iscu phuru	263	318
Peruanita	61	118	Acacapa pechon	51	muestra
Puca panatahuina	220	122	Ullush	69	muestra
Puca panatahuina	224	122	Condor warmi	77	muestra
Chinchis	65	126	Yana quitish	104	muestra
Muru rosina	196	130	Huaris hacuapa chupan	173	muestra
Muru Yahuar shongo	252	140	Yana pampamachay	241	muestra
			s/n (sin nombre)	274	muestra

### **3.2.2 Equipos e infraestructura**

Los materiales que se usaron en los experimentos fueron los siguientes:

#### **A. Experimento reacción al calor en papas nativas en la molina**

- Bandejas de almacigo de 5x5, en donde se sembraron los brotes de papa nativa.
- Sustrato Premix, conformado por musgo y perlita.
- Wincha y vernier para realizar las mediciones de las variables morfológicas.
- Lampas y trinchas para el aporque y la fertilización con úrea.
- Mochila de aplicación.
- Fertilizantes foliares e insecticidas.
- Paletas plásticas para colocar el número del clon.

#### **B. Experimento reacción al estrés hídrico por sequía**

- Bandejas de almacigo de 5x5, en donde se sembraron los brotes de papa nativa.
- Sustrato Premix (musgo y perlita) para la siembra de brotes en bandejas de almacigo.
- Sustrato elaborado a base de rastrojos, cascarilla de arroz y tierra agrícola que sirvió como fuente nutricional y de anclaje para las plántulas trasplantadas en macetas.
- Macetas plásticas en donde se trasplantaron las plántulas de cada morfotipo.
- Cobertor móvil con techo plástico transparente.
- Paletas plásticas para colocar el número de la muestra.
- Alambres gruesos para colocación de tutores.
- Pabilo y rafia para sujetar las plantas a los tutores.
- Hidrómetro digital para lectura de la humedad del suelo.
- Fungicida para controlar la Mancha ( *Phytophthora infestans* ).
- Tablero de apuntes, hojas y lapicero.
- Wincha y vernier para realizar las mediciones de las variables morfológicas.
- Bolsas de papel para colocar los tubérculos cosechados de cada morfotipo.
- Sacos, jabas y bolsas plásticas para colocar la cosecha, las raíces y el follaje seco.
- Carretilla para llevar los sacos con la cosecha.
- Manguera para el traslado del agua de riego.

### 3.3 MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

#### 3.3.1 Instalación y conducción de los ensayos

##### A.Experimento reacción al calor en papas nativas en La Molina

- **Fase de almacenado de tubérculos semilla en oscuridad:** Se dispusieron tubérculos de 98 muestras de papa nativa cosechados en Huánuco, etiquetadas y almacenadas en jabas cubiertas con papel durante tres meses para obtener brotes elongados (Figura 7 y 8), para posteriormente extraerlos y sembrarlos en bandejas de almácigo.



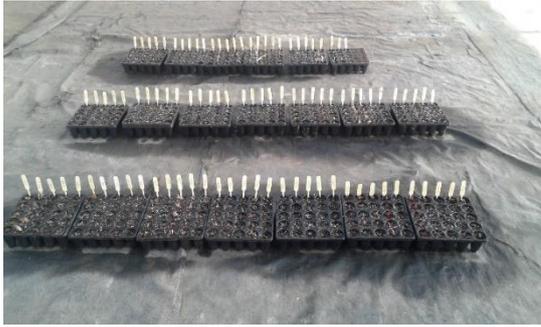
Figura 7: Tubérculos almacenados un mes



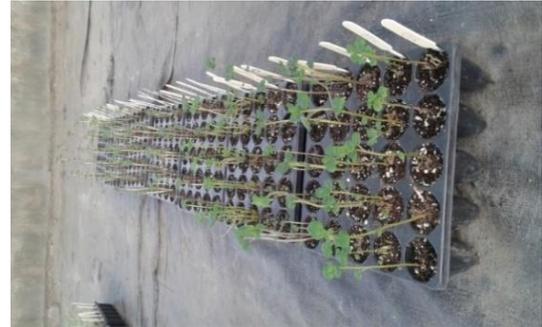
Figura 8: Tubérculos al tercer mes de almacenados

- **Fase de enraizamiento:** Los brotes de los 98 muestras de papa nativa fueron seleccionados y extraídos; posteriormente fueron sembrados en bandejas de enraizamiento para la obtención de plantas de esquejes de brotes (Figura 9). El sustrato que se empleó fue el Premix conformado por musgo y perlita.

Los esquejes se mantuvieron en invernadero alrededor de 20 días y fueron regados con frecuencia de 1 a 2 días. Cuando los esquejes alcanzaron una altura entre 15 y 20 cm (Figura 10), fueron trasplantados en campo definitivo.



**Figura 9: Esquejes de brote de papa nativa en altura bandejas de enraizamiento**



**Figura 10: Plántulas de papa nativa con entre 15 – 20 cm**

• **Preparación del terreno:** Dos meses antes de trasplante se procedió al pase de una grada pesada de discos, para mullir el terreno y eliminar malezas (Figura 11), luego se procedió al pase del arado de discos para remover el terreno y prepararlo antes de la siembra (Figura 12). Una semana antes del trasplante se volvió a pasar nuevamente una grada con una niveladora para dejar a punto el terreno. Finalmente, el terreno fue surcado. Todas las operaciones fueron realizadas por un tractor agrícola.



**Figura 11: Grada pesada de discos**



**Figura 12: Arado de discos**

• **Marcado del terreno y trasplante de esquejes:** Un día antes del trasplante se realizó un riego pesado de los surcos para mantener la humedad adecuada. El marcado o señalización del terreno se hizo de acuerdo a las dimensiones planteadas (Figura 13). Posteriormente se realizó el trasplante de las plántulas (Figura 14 y 15), el distanciamiento entre plantas fue de 30 cm y de surcos 1m.



**Figura 13: Señalización del terreno**



**Figura 14: Trasplante de plántulas**



**Figura 15: Plántulas trasplantadas**

#### • Labores culturales

Se realizó el control manual de malezas y el pre-aporque a los 12 días después del trasplante y el aporque propiamente dicho más la fertilización con úrea a los 22 días después del trasplante (Figura 16). El riego fue por gravedad realizó en ocho oportunidades.



**Figura 16: Aporque de plantas**

• **Protección sanitaria y fertilización foliar:** Se aplicó para la mosca minadora, ácaros y prodiplosis (VERTIMEC® 1.8 EC Y SPIDER 1.8 EC) a los 14, 22 y 29 días después del trasplante y para la pulguilla saltana (FURADAN) a los 50 días después del trasplante. Hubo evidencias de *Rizoctonia solani* y se aplicó VITAVAX 300 a los 60 días después del trasplante.

El fertilizante foliar que se utilizó fue el BASFOLIAR® VERDE, este fue aplicado junto a los insecticidas y con un coadyugante agrícola (SUPERWET) a los 14, 20 y 60 días después del trasplante.

## **B. Experimento de reacción al estrés hídrico por sequía**

• **Fase de almacenado de tubérculos semilla en oscuridad:** Al igual que en la UNALM, Se dispusieron los tubérculos etiquetados y almacenados durante 3 meses para obtener brotes elongados para extraerlos y sembrarlos en bandejas de enraizamiento.

• **Fase de almácigo en invernadero:** Los esquejes se mantuvieron en invernadero alrededor de 20 días y fueron regados con frecuencia de 1 a 2 días. Cuando los esquejes alcanzaron una altura entre 15 y 20 cm fueron trasplantados a macetas en el IRD Sierra.

• **Trasplante de esquejes a macetas:** Se procedió el trasplante de 69 muestras de papa nativa en macetas con sustrato conformado por rastrojo, cascarilla de arroz y tierra agrícola, cada Morfotipo tenía 5 o 6 plantas.

• **Colocación de tutores:** Se colocaron a los 35 días después del trasplante tutores (alambres galvanizados), para un correcto crecimiento vertical de las plantas, y por medio de un listón de rafia se las amarro para evitar que los órganos de la planta tengan contacto con el sustrato y evitar pudriciones.

• **Labores culturales:** Se realizó el control manual de malezas, el aporque se realizó a los 15 días después del trasplante. Con referencia a los riegos, las plantas antes del inicio del tratamiento, fueron regadas cada dos días utilizando una manguera. Una vez iniciado el tratamiento a los 60 días después del trasplante, se separaron por morfotipo tres plantas que fueron regadas cada cinco días con 1 litro de agua de riego (sequía), y dos o tres plantas que fueron regadas con una frecuencia de 1 a 2 días. En total hubo 7 periodos de “sequía”.

• **Control de humedad del sustrato:** Con ayuda de un hidrómetro digital, se realizó un procedimiento en el laboratorio con una muestra de sustrato seco para poder determinar la humedad volumétrica del suelo. El procedimiento fue el siguiente:

1. Se secó al sol una muestra del sustrato empleado.
2. En un envase de 1 litro que equivale a 1000 cc se llenó con la muestra de sustrato seco.
3. Se realizó la primera evaluación al sustrato seco arrojando el hidrómetro 0 pulsos.

4. Para las otras medidas, hay que ir agregando al suelo cada vez 50 cc de agua que representa el 5% en volumen de agua, frente a los 1000 cc de suelo que representa 100% en volumen.
5. Cuando la lectura del hidrómetro no varíe al agregar mas agua, y si moldeamos el suelo con el envase invertido y no se desmorona quiere decir que está en capacidad de campo (100% humedad disponible).
6. Si agregamos poco a poco agua medida en centímetros cúbicos y el suelo se satura, éste está en estado de saturación, el cual puede ser medido con el hidrómetro, el que no pasará la medida en capacidad de campo

• **Protección sanitaria y fertilización:** No hubo mayor incidencia de alguna plaga o enfermedad. Sin embargo, se evidenció indicios de *Rancho* (*Phytophthora infestans*) a los 72 días después del trasplante, por lo que se aplicó FITORAZ® 76 PM a toda la planta. Por otra parte, se realizó una fertilización edáfica con úrea a los 20 días después del trasplante.

• **Cosecha y extracción de follaje seco:** La extracción del follaje seco de las plantas de papa nativa se realizó a los 120 días después del trasplante y se colocaron en bolsas plásticas identificadas para posteriormente pesarlas.

La cosecha se realizó a los 120 días después del trasplante y se separaron los tubérculos con riego y sin riego colocándolos en bolsas de papel con la etiqueta de cada morfotipo (Figura 17). Posteriormente se determinó el peso de los tubérculos (con riego y sin riego) de cada morfotipo (Figura 18).



**Figura 17: Tubérculos cosechados**



**Figura 18: Pesado de tubérculos**

### 3.3.2 Evaluaciones

#### A. Experimento de reacción al calor en papas nativas

- **% Supervivencia después del trasplante:** Una vez realizado el trasplante en campo definitivo, se contabilizó cada 14 días el número de plantas sobrevivientes. Al término de la investigación se determinó el grado de reacción mediante un cociente: número de plantas sobrevivientes/número de plantas trasplantadas al igual que se registró la etapa fenológica más vulnerable al estrés por calor. Se realizaron un total de tres evaluaciones a los 27, 41 y 55 días después del trasplante.

- **Altura de planta:** Se midió el porte de planta desde el cuello (base) hasta el extremo del ápice caulinar. Se realizaron tres evaluaciones a los 27, 41 y 54 días después del trasplante y se obtuvo un promedio por morfotipo, solamente se evaluó plantas sobrevivientes.

- **Longitud de entrenudos:** Se evaluó la longitud de entrenudos del tercio medio de la planta, con ayuda de un vernier y a los 60 días después del trasplante. Se promedió el total de repeticiones por morfotipo y solamente se evaluó las plantas sobrevivientes a la fecha.

- **Índice de hoja y de foliolo terminal:** En esta evaluación se escogieron las hojas del tercio medio de la planta. Con ayuda de un vernier se midió el largo y ancho de cada foliolo terminal y hoja para posteriormente obtener un cociente. Se realizó a los 60 días después del trasplante y solamente se evaluaron las plantas sobrevivientes.

- **Grado de disectividad:** Esta evaluación se realizó a los 60 días después del trasplante, y se contaron los pares de foliolos primarios, secundarios y terciarios por morfotipo. Solamente se evaluaron las plantas sobrevivientes.

- **Grosor de tallo:** Esta evaluación se realizó a los 60 días después del trasplante, con ayuda del vernier se midió el grosor en el tercio medio del tallo, finalmente se obtuvo un promedio por cada morfotipo. Solamente se evaluaron las plantas sobrevivientes.

- **Grado de ramificación de tallo:** Esta evaluación se realizó a los 60 días después del trasplante, haciendo uso de una escala de grados (0= sin ramificación, 1= poco ramificado y 2= muy ramificado). Solamente se evaluaron las plantas sobrevivientes.

## **B. Experimento reacción al estrés hídrico por sequía**

- **Altura de planta:** Se realizó una medición a los 20 días después del trasplante, antes del inicio de los tratamientos de riego. Luego, una vez iniciado el tratamiento, se realizaron un total de tres evaluaciones a los 60, 70 y 90 días después del trasplante. El procedimiento consistía en medir la altura de las tres plantas con riego restringido y las dos plantas con riego continuo de cada Morfotipo.

- **Longitud de entrenudos:** Las evaluaciones se realizaron en el tercio medio de la planta a los 60 y 90 días después del trasplante. Finalmente, se obtuvo un promedio para plantas con riego y sin riego de cada morfotipo.

- **Índice de hoja y de foliolo terminal:** Al igual que en la UNALM, esta evaluación se realizó a los 60 y 90 días después del trasplante y finalmente se obtuvo un promedio para plantas con riego y sin riego de cada morfotipo.

- **Humedad del suelo:** Con el hidrómetro digital se registró al término de 30 segundos un dígito en pulsos de la humedad del suelo de cada maceta, lo cual posteriormente se convirtió mediante una equivalencia a porcentaje de humedad volumétrica ( $\% \theta$ ) con los datos obtenidos en laboratorio. Finalmente se obtuvo un promedio de plantas con riego continuo y restringido. Se realizaron un total de cinco evaluaciones diarias de humedad volumétrica durante el cuarto periodo de sequía (79, 80, 81, 82, 83 día después del trasplante) para determinar cómo varía la humedad con respecto al tiempo y al estado de desarrollo de la planta en las morfotipos con riego continuo y bajo sequía.

- **Grado de estrés por sequía:** El cuadro 10 muestra la escala de grados con los que se evaluó esta característica. Se midió el grado de estrés a los 82, 89, 95 y 96 días después del trasplante a las plantas con riego restringido (sequía).

**Cuadro 10: Escala de grados de estrés**

GRADO	DEFINICIÓN
1	Sin síntomas de estrés
2	Parte basal con síntomas de estrés
3	Parte basal y el tercio medio con síntomas de estrés
4	80 % de la planta con síntomas de estrés
5	Toda la planta con síntomas de estrés

• **Peso y número de tubérculos:** Se cosecharon los tubérculos de las plantas con y sin riego de cada morfotipo y se las ubicó en bolsas de papel correctamente identificado. Posteriormente, se procedió a realizar el lavado y secado de cada tubérculo y se determinó el número peso.

### 3.4 DISPOSICIÓN DEL MATERIAL VEGETAL

#### A. Experimento reacción al calor en papas nativas

Las plantas se dispusieron en arreglo sistemático en parcelas de 1.5 m<sup>2</sup>. Cada parcela estuvo conformada por cinco plantas.

Las especificaciones de la parcela se citan a continuación (Cuadro 11).

**Cuadro 11: Dimensiones del terreno**

Número de bloques	5
Largo de bloque (m)	20
Ancho de bloque (m)	1,2
Ancho de calle (m)	1,5
Distanciamiento entre surcos (m)	1
Distanciamiento entre plantas (m)	0,3
Numero de surcos por bloque	20
Área total (m2)	300

#### B. Experimento reacción al estrés hídrico por sequía

El experimento en campo se llevó a cabo en un refugio contra la lluvia (Cobertor móvil o techo corredizo), en el cual se instalaron 69 muestras de papa nativa con cinco o seis plantas cada una.

### 3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las pruebas estadísticas se realizaron mediante un análisis descriptivo y exploratorio de los datos (Cobo, 2007). Posteriormente, en cada una de las características se realizaron pruebas estadísticas t de Student de muestras pareadas para la comparación de diferencias por efecto de los tratamientos (Clifford, 2008; Gutiérrez, 2008) Finalmente, se realizaron correlaciones Pearson entre resultados de las características en condiciones de RC y con RR.

$$\text{Prueba de T de Student para diferencias de muestras pareadas} = \frac{\bar{d} - \mu_d}{s_d / \sqrt{n}}$$

Donde:

$\bar{d}$  = media de las diferencias pareadas.

$\mu_d$  = media poblacional de todas las diferencias pareadas. Al probar muestras pareadas, la hipótesis nula es que  $\mu_d$  es igual a 0, y la hipótesis alternativa es que  $\mu_d < 0$ ,  $> 0$ , o  $\neq 0$ .

$s_d$  = desviación estándar de las diferencias pareadas.

$n$  = tamaño de muestra

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 EVALUACIONES DE LA REACCIÓN A CALOR

#### 4.1.1 Supervivencia de plantas en condiciones de calor

En el Cuadro Anexo 1 se presenta los resultados de supervivencia de la totalidad de plantas a los 27, 41 y 55 días después del trasplante. Se observa una tendencia a la mortalidad de plantas que disminuyen en número promedio de 20% entre cada evaluación. A poco menos de los dos meses (55 días después del trasplante) se mantuvieron con vida solamente la quinta parte.

El 87% del total de plantas de las muestras y morfotipos presentaron baja supervivencia (0 – 40%) mostrando susceptibilidad a las altas temperaturas. Contrariamente, las plantas del morfotipo Yana pucrog (BGR ni) fueron los únicos con supervivencia de 100% hasta los 55 días después del trasplante, mostrando una marcada resistencia frente a condiciones de alta temperatura.

**Cuadro 12: Supervivencia (%) de plantas de morfotipos considerados resistentes a condiciones de alta temperatura**

NOMBRE	MUESTRA	MORFOTIPO BGR	SUPERVIVENCIA (%)		
			27 DÍAS	41 DÍAS	55 DÍAS
Yana pucrog	318	Muestra	100,00	100,00	100,00
Yuracc piña	296	254	80,00	80,00	80,00
Yana manca ñahui	327	49	80,00	80,00	80,00
Yuracc piña	397	254	80,00	80,00	80,00
Yuracc piña	546	254	100,00	100,00	80,00

Las plantas de los morfotipos Yuracc piña (BGR 254) y Yana manca ñahui (BGR 49), que representan el 0.04% del total de morfotipos, alcanzaron un 80 % de supervivencia y evidenciando resistencia frente al calor (Cuadro 12).

Los morfotipos que presentaron una tasa de sobrevivencia de 60 % fueron: Yuracc milagro (BGR 1), Garhuash huayto (BGR 185), Moñupa maquin (BGR ni), Garhuash pichiusa (BGR 247), Allato juytu (BGR 306), Muru huayro (BGR 238), y Puca papa (BGR 100) que podrían ser considerados como tolerantes (Cuadro 13).

**Cuadro 13: Plantas de morfotipos considerados tolerantes a condiciones de alta temperatura**

NOMBRE	MUESTRA	MORFOTIPO BGR	SOBREVIVENCIA (%)		
			27 DÍAS	41 DÍAS	55 DÍAS
Yuracc milagro	278	1	100,00	100,00	60,00
Garhuash huayro	415	185	100,00	80,00	60,00
Moñupa maquin	455	Muestra	80,00	80,00	60,00
Garhuash pichiusa	475	247	100,00	80,00	60,00
Allato juytu	518	306	100,00	80,00	60,00
Muru huayro	536	238	100,00	80,00	60,00
Puca papa	551	100	60,00	60,00	60,00

A partir de los 20 días después del trasplante, como se sabe, hubo una alta tasa de mortandad debido a la alta temperatura presentada y por la alta proliferación de plagas y enfermedades las cuales fueron aumentando conforme al tiempo. Se presentó en grado 3 (alta presencia) *Rizoctonia solani* (Figura 19), *Prodiplosis longifila* y *Epitrix spp* durante todo el periodo de cultivo causando daño a las raíces, brotes y hojas respectivamente disminuyendo la cantidad de plantas y afectando la sobrevivencia. Por otra parte, este cultivo en su hábitat natural no es frecuente encontrar estos organismos con un alto grado de incidencia y severidad (Fabián, 2020).



**Figura 19: Planta de papa con síntomas de chupadera**

#### 4.1.2 Efectos sobre indicadores morfológicos

##### A. Efecto sobre la altura o porte de plantas

El cuadro Anexo 2 muestra la altura de planta de los morfotipos en estudio durante tres oportunidades del crecimiento de las plantas. Se considera que a los 55 días después del trasplante las plantas alcanzaron el porte máximo. En la última fecha 16 morfotipos (16.3%) presentaron plantas de mayor porte (Cuadro 14), 30 morfotipos (30.6%) presentaron plantas de porte menor a 40 cm (Cuadro 15) y el resto (53%) no se encontraban con vida.

**Cuadro 14: Morfotipos con plantas de porte alto (40 – 60 cm) en condiciones de calor**

NOMBRE	MUESTRA	MORFOTIPO BGR	27 DÍAS	41 DÍAS	55 DÍAS
Puca shagsha selis	387	136	24,50	37,67	53,00
Yuracc piña	397	254	25,00	38,25	48,75
Wacash	535	285	13,00	39,00	48,00
s/n (sin nombre)	487	277	14,00	15,00	47,00
Hualash	542	45	23,00	32,75	45,00
Allca warmi	393	70	13,80	25,50	45,00
Azul wacapa ccallum	512	295	22,00	33,33	44,50
Puca papa	551	100	23,00	29,67	44,00
Yuracc papa topac	307	228	27,00	29,00	44,00
s/n (sin nombre)	313	muestra	16,00	29,00	44,00
Yana pucrog	318	muestra	21,80	37,20	43,00
Muru rosina	561	130	20,50	34,50	42,50
Moñupa maquin	455	muestra	17,50	31,25	42,00
Muru huayro	536	238	20,20	31,50	41,00
Yana piña	548	215	18,75	31,67	40,50
Rayhuana	425	19	10,00	17,00	40,00

**Cuadro 15: Morfotipos con plantas de porte bajo (20 – 40 cm) en condiciones de calor**

NOMBRE	MUESTRA	MORFOTIPO BGR	27 DÍAS	41 DÍAS	55 DÍAS
Yana cunuri	310	50	31,50	35,00	39,00
Panza de vaca	570	muestra	14,25	25,00	39,00
Muru tarmeña	562	139	17,60	28,50	38,00
Wacuy juytu	462	325	26,75	34,50	37,50
Yuracc piña	546	254	22,60	33,80	36,50
Yuracc milagro	278	muestra	15,60	24,40	36,33
Shuyu juytu	449	319	24,25	27,75	36,00
Jerga juytu	438	muestra	20,50	33,50	35,50
Yuracc piña	296	254	19,00	32,50	35,25
Yuracc corta shiri	293	6	24,00	40,00	34,00
Muru curao	322	317	29,00	48,00	33,00
Yana pishgosh	414	240	19,00	38,00	33,00
Garhuash huayro	415	185	13,60	27,00	32,67
Allato juytu	518	306	15,40	23,25	32,33

NOMBRE	MUESTRA	MORFOTIPO BGR	27 DÍAS	41 DÍAS	55 DÍAS
s/n (sin nombre)	445	muestra	21,50	27,00	30,00
Papa simeona	281	62	19,25	24,00	29,50
Yana manca ñahui	327	49	20,00	34,75	28,25
Jacha papa	379	82	17,25	22,33	28,00
Alga juytu	480	296	16,00	22,00	28,00
s/n (sin nombre)	370	muestra	17,33	18,00	28,00
Garhuash cajamarquina	295	81	15,60	20,67	26,00
s/n (sin nombre)	323	muestra	16,00	19,00	26,00
Garhuash chaucha	475	247	15,40	24,75	25,00
Puca chinchis	485	200	13,67	24,00	25,00
Garhuash pichiusa	302	10	10,50	18,00	25,00
tarushpa wagan	472	205	22,00	25,50	24,00
China huayro	430	120	12,75	19,33	23,50
Muru tarma	364	138	13,00	19,00	21,00
Garhuash pichiusa	526	247	15,75	22,50	20,00

Estudios realizados bajo condiciones de sierra (hábitat natural) detallan que en promedio la altura o porte de plantas de los morfotipos de papa nativa alcanzaron los 52 cm (Fabián, 2020), declinando 30% bajo condiciones de calor en costa (37 cm). Egúsquiza (2014) resalta que la temperatura ideal para el desarrollo óptimo de las papas es de 10 a 20 °C, por lo tanto, al registrarse temperaturas altas superiores a los 20 °C, se generó una gran mortandad y un déficit en el normal crecimiento de los órganos.

El morfotipo Puca shagsha selis (BGR 136), Yuracc piña (BGR 254) y Wacash (BGR 285) evidenciaron valores de altura o porte de planta cercanos al promedio general de datos que se registraron en sierra, mostrando cierta tolerancia frente a estas condiciones.

## B. Efecto sobre la longitud de entrenudos

El cuadro Anexo 3 muestra la longitud de entrenudos de las plantas sobrevivientes de los morfotipos en estudio a los 60 días después del trasplante. El promedio general fue de 2.78 cm; el valor máximo se presentó en el morfotipo Wacash (BGR 285) con 5.70 cm y el valor mínimo (0.40 cm) se registró en el morfotipo Muru curao (BGR 240). Por otra parte, 14 morfotipos BGR (34% de los sobrevivientes) mostrados en el cuadro 16 presentaron valores altos en longitud de entrenudos (> 3cm), el resto presentaron valores bajos.

**Cuadro 16: Morfotipos con valores altos de longitud de entrenudos (cm)**

NOMBRE	MUESTRA	MORFOTIPO BGR	60 DÍAS
Wacash	535	285	5,70
Yana pucrog	318	muestra	4,69
Muru tarmeña	562	139	4,66
Muru huayro	536	238	4,48
Yana pishgosh	322	317	3,96
s/n (sin nombre)	323	muestra	3,86
Shuyu juytu	449	319	3,75
Azul wacapa ccallum	512	295	3,53
Yuracc piña	296	254	3,51
Yuracc milagro	278	1	3,29
Allca warmi	393	70	3,20
Yuracc piña	397	254	3,14
Hualash	542	45	3,11
Jerga juytu	438	muestra	3,01

Los morfotipos Yana pucrog (muestra 318) y Yuracc piña (BGR 254), que presentaron valores elevados de índice de sobrevivencia y valores altos de longitud de entrenudos, están dentro del grupo de morfotipos considerados como resistentes según la altura de planta, mostrando gran capacidad frente a las condiciones de alta temperatura (Cuadro 17).

**Cuadro 17: Morfotipos resistentes según la altura de planta (cm), sobrevivencia (%) y longitud de entrenudos (cm)**

EVALUACIONES	MORFOTIPO BGR/MUESTRA	
	BGR 254/397	BGR muestra/318
PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA (%)	80	100
ALTURA DE PLANTA (cm)	48,50	43,00
LONGITUD DE ENTRENUDOS (cm)	3,14	4,18

Bajo condiciones de sierra Fabián (2020) reportó 4.9 cm de longitud de entrenudos como promedio general, promedio 44 % mayor a los sembrados bajo condiciones de calor, demostrando que las altas temperaturas generan un menor ritmo de crecimiento y desarrollo en las plantas de papa nativa, esto concuerda con lo planteado por Mamani (1993) al afirmar que la morfología de la planta se verá afectada por el estrés por calor.

Por otra parte, los morfotipos Wacash (BGR 285), Yana pucrog (muestra 318), Muru tarmeña (BGR 139) y Muru huayro (BGR 238) presentaron valores cercanos al promedio general de longitud de entrenudos registrados bajo condiciones de su hábitat natural y evidenciando mecanismos de resistencia frente a este estrés.

### **C. Efecto sobre el grosor de tallos**

El cuadro Anexo 3 muestra el grosor de tallo de los morfotipos en estudio a los 60 días después del trasplante. El promedio general fue 3.9 mm; el morfotipo BGR 285 presentó tallos de 8.0 mm, el valor mínimo fue del morfotipo BGR 228 con 2.0 mm.

Por otra parte, el cuadro 18 muestra siete morfotipos con valores mayores de grosor de tallo. En el supuesto que las plantas de porte alto tengan tallos gruesos para soportar el peso del follaje, los morfotipos mostrados en el cuadro 19 presentaron porte alto de planta y tallos gruesos, por lo que evidencian resistencia al estrés por calor. Además, el morfotipo BGR 238 (Muru huayro) presentó alta tasa de sobrevivencia.

**Cuadro 18: Morfotipos con tallo gruesos**

NOMBRE	MUESTRA	MORFOTIPO BGR	60 DÍAS
Wacash	535	285	8,00
Muru tarmeña	562	139	6,60
Panza de vaca	570	muestra	6,60
Puca shagsha selis	387	136	5,57
Yuracc milagro	278	1	5,43
Muru huayro	536	238	5,20
Allca warmi	393	70	5,00

**Cuadro 19: Morfotipos con valores altos de altura de planta (cm) y grosor de tallo(mm)**

EVALUACIONES	MORFOTIPO BGR/MUESTRA			
	BGR 285/535	BGR 136/387	BGR 70/393	BGR 238/536
ALTURA DE PLANTA (cm)	48,00	53,00	45,00	41,00
GROSOR DE TALLO (mm)	8,00	5,57	5,00	5,20

Fabián (2020) registró datos promedio de grosor de tallo de 7.2 mm bajo condiciones de la Sierra normales declinando en 46 % en condiciones de calor. Los morfotipos Wacash (BGR 285), Muru tarmeña (BGR 139) y Panza de vaca (Muestra 570) presentaron valores cercanos al promedio general obtenido bajo condiciones de la Sierra, por lo que presentarían mecanismos de resistencia al calor. Martínez y Huamán (1988) afirmó que la planta al someterse a un régimen de calor también sufrirá estrés hídrico, generando en sus órganos una menor o poca división y expansión celular

#### **D. Efecto sobre el índice de hoja**

El cuadro Anexo 4 muestra el índice de hoja (largo/ancho) de los morfotipos en estudio. El morfotipo Yana manca ñahui (BGR 49) presentó índice de hoja de 4.51 y el promedio general fue de 2.40. El cuadro 20 muestra siete morfotipos que presentaron valores altos dentro de los cuales Yana manca ñahui (BGR 49) y Yuracc piña (BGR 254) mostraron igualmente alto porte y alta tasa de sobrevivencia (Cuadro 21).

**Cuadro 20: Morfotipos con mayor índice de hoja**

<b>NOMBRE</b>	<b>MUESTRA</b>	<b>MORFOTIPO BGR</b>	<b>60 DÍAS</b>
Yana manca ñahui	327	49	4,51
Muru rosina	561	130	3,42
s/n (sin nombre)	487	277	3,26
Yuracc piña	296	254	3,24
tarushpa wagan	472	205	3,22
Papa simeona	281	62	3,12
Yana piña	548	215	3,07

**Cuadro 21: Morfotipos que presentaron valores altos de altura de planta (cm) e índice de hoja (largo/ancho)**

<b>EVALUACIONES</b>	<b>MORFOTIPO BGR/MUESTRA</b>		
	<b>BGR 277/487</b>	<b>BGR 130/561</b>	<b>BGR 215/548</b>
<b>ALTURA DE PLANTA (cm)</b>	47,00	42,50	40,50
<b>INDICE DE HOJA (largo/ ancho)</b>	3,26	3,42	3,07

Bajo condiciones de sierra el promedio de índice de hoja reportado por Fabián (2020) fue 1.7 mientras que en las condiciones del presente trabajo el valor aumentó en 41%. Según Taiz y Zeiger (1998), en condiciones de alta temperatura, en las hojas disminuye la presión de turgencia y se encogen las paredes celulares. Sin embargo, en el presente experimento, se evidenció en general cierta resistencia a estas condiciones.

#### **E. Efecto sobre el índice de foliolo terminal**

El cuadro Anexo 4 muestra el índice de foliolo terminal de los morfotipos en estudio. El valor máximo fue de la muestra 323 con 2.60, el valor mínimo fue del morfotipo Yuracc papa topac (BGR 228) con 1.02 y el promedio general fue 1.79. Por otra parte, el cuadro 22 muestra 10 morfotipos con valores altos en el índice de foliolo terminal. Dentro de este grupo, el morfotipo Azul wacapa ccallum (BGR 295) se encuentra dentro del grupo de plantas resistentes según la altura de planta, y el morfotipo Papa simeona (BGR 62) evidencio un valor alto de índice de hoja.

**Cuadro 22: Morfotipos con valores altos de índice de foliolo terminal**

NOMBRE	MUESTRA	MORFOTIPO BGR	60 DÍAS
s/n (sin nombre)	323	ni	2,60
Garhuash huayro	415	185	2,33
s/n (sin nombre)	370	ni	2,31
Garhuash pichiusa	526	247	2,26
Jacha papa	379	82	2,17
Jerga juytu	438	ni	2,17
Azul wacapa ccallum	512	295	2,11
Wacuy juytu	462	325	2,10
Papa simeona	281	62	2,06
Yuracc corta shiri	293	6	2,00

Bajo condiciones de costa central en temporada de verano (alta temperatura) se registró un valor promedio de 1.79. Sin embargo, cuando se sometió bajo condiciones ideales (hábitat natural) declino su valor en 14%. A pesar de estar en condiciones desfavorables las plantas evidenciaron mecanismos de tolerancia y/o resistencia frente a estas condiciones.

#### F. Grado de ramificación de tallo

El cuadro Anexo 5 muestra el grado de ramificación de tallos de los morfotipos. Se conoce que las plantas en condiciones de estrés por calor generan una mayor ramificación. Bajo esta premisa 14 morfotipos evaluados no evidenciaron ramificación (Grado 0) al igual que mayor porte de plantas manifestando cierta tolerancia (Cuadros 23, 24).

**Cuadro 23: Morfotipos con grado 0 de ramificación de tallo**

NOMBRE	MUESTRA	MORFOTIPO BGR	60 días
Yuracc milagr	278	1	0
Garhuash chaucha	302	10	0
Yana manca ñahui	327	49	0
Yana cunuri	310	50	0
Allca warmi	393	70	0
Puca chinchis	485	200	0
Yuracc papa topac	307	228	0
Muru curao	414	240	0
Garhuash pichiusa	475	247	0
Yuracc piña	296	254	0
Yuracc piña	397	254	0
Azul wacapa ccallum	512	295	0
wacuy juytu	462	325	0
s/n (sin nombre)	323	muestra	0

**Cuadro 24: Morfotipos sin ramificación considerados resistentes según porte de planta**

EVALUACIONES	MORFOTIPO BGR/MUESTRA			
	BGR 70/393	BGR 295/512	BGR 228/307	BGR 254/397
ALTURA DE PLANTA (cm)	45,00	44,50	44,00	48,75
GRADO DE RAMIFICACIÓN	0	0	0	0

### G. Disectividad

El cuadro Anexo 06 muestra la disectividad de los morfotipos en estudio. Las plantas de papa que se encuentran bajo un régimen de calor incrementan sus ejes caulinares (Peciolos) pero reducen su área foliar. El cuadro 25 muestra 13 morfotipos (37% del total) que produjeron menor cantidad de foliolos. Dentro de estos morfotipos (baja disectividad), tres están considerados dentro del grupo de morfotipos resistentes según el porte o altura de planta (Cuadro 26).

**Cuadro 25: Morfotipos que evidencian hojas con baja disectividad**

MUESTRA	MORFOTIPO BGR	60 días
327	49	3-1-1-1
379	82	3-4-0-0
485	200	3-4-0-0
295	81	3-4-1-0
307	228	3-4-0-1
397	254	3-4-1-0
430	120	3-4-1-0
449	319	3-4-1-0
475	247	3-5-0-0
518	306	3-4-0-1
546	254	3-4-0-1
551	100	3-4-1-0
562	139	3-4-0-1

**Cuadro 26: Morfotipos resistentes según altura de planta y con baja disectividad**

EVALUACIONES	MORFOTIPO BGR/MUESTRA		
	BGR 100/551	BGR 228/307	BGR 254/397
ALTURA DE PLANTA (cm)	44,00	44,00	48,75
DISECTIVIDAD	3-4-1-0	3-4-0-1	3-4-1-0

## **4.2 EVALUACIONES DE LA REACCIÓN A SEQUÍA**

### **4.2.1 Condiciones hídricas durante el experimento**

Como se ha explicado en los procedimientos, los riegos a las plantas con riego continuo se realizaron después de 1 a 2 días, cuando la humedad visible en el suelo había disminuido mientras que las plantas bajo riego restringido (RR, sequía) se regaron al quinto o sexto día después de su riego anterior, cuando la mayor parte de morfotipos mostraba síntomas de decaimiento y flacidez en las hojas. Por lo tanto, el número de riegos y volúmenes totales de agua aplicada son diferentes. Por otra parte, el cuadro 27 y la figura 20 muestran los datos y equivalencias de humedad del suelo obtenidos en laboratorio, evidenciando una humedad volumétrica de 27% para capacidad de campo.

Las condiciones hídricas durante cinco días consecutivos del cuarto periodo de control de humedad se muestran en el cuadro 28. En la figura 21 se muestra la variación de la humedad volumétrica de las plantas con riego continuo y de las plantas sometidas a sequía durante el cuarto periodo de control de humedad. La humedad volumétrica de las plantas con riego continuo varió entre 13.5 y 17.5 %, manteniéndose siempre por encima del 50 % de humedad disponible, mientras que en las plantas sometidas a riego restringido la humedad volumétrica varió entre 7 y 12.33%, indicando que se redujo la disponibilidad de agua para esas plantas, esta misma condición se habría presentado en cada uno de los siete ciclos de estrés.

Se estima que en condiciones de la sierra el cultivo de papa requiere aproximadamente entre 600 a 1000 mm de lluvia por hectárea; por debajo de ese rango estará bajo un régimen déficit hídrico. A partir de lo mencionado, con un volumen de riego de 1 litro por planta y una frecuencia de aplicación entre 1 a 2 días, la planta recibió un volumen total de 21 litros durante todo el procedimiento, manteniéndose dentro del requerimiento hídrico por planta aceptable. Por otro lado, su contraparte sin riego con una frecuencia de aplicación entre 5 a 6 días, percibió 7 litros durante todo el periodo, manteniendo la humedad del sustrato próxima al punto de marchitez permanente y evidenciando síntomas de estrés.

**Cuadro 27: Evaluaciones de humedad del sustrato empleado**

Hdad disp	% Hdad Vol	Nr pulsos
0	0,0	0
3,70	1,0	7
11,11	3,0	35
18,52	5,0	88
21,11	5,7	108
31,85	8,6	210
37,04	10,0	272
42,22	11,4	318
44,44	12,0	333
51,85	14,0	373
55,56	15,0	388
66,67	18,0	417
74,07	20,0	428
81,48	22,0	435
92,59	25,0	445
100,00	27,0	450

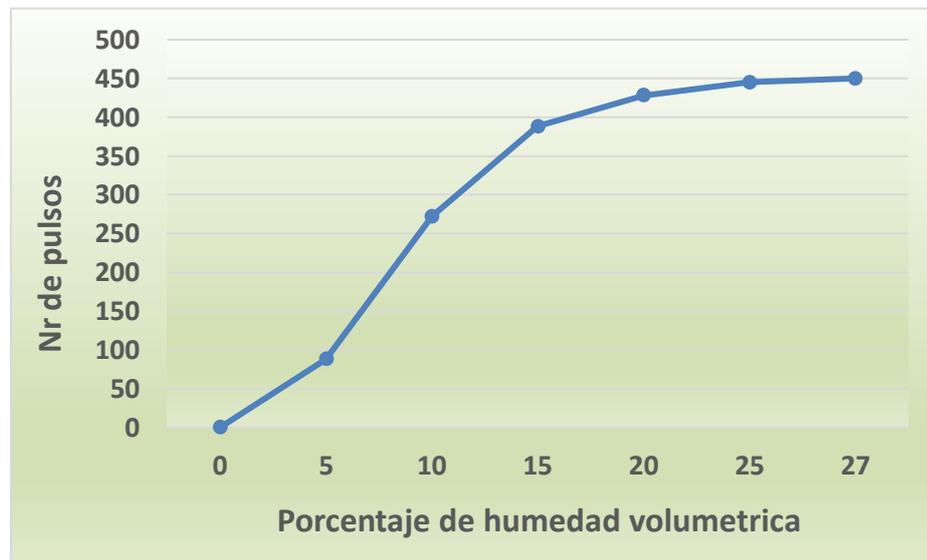
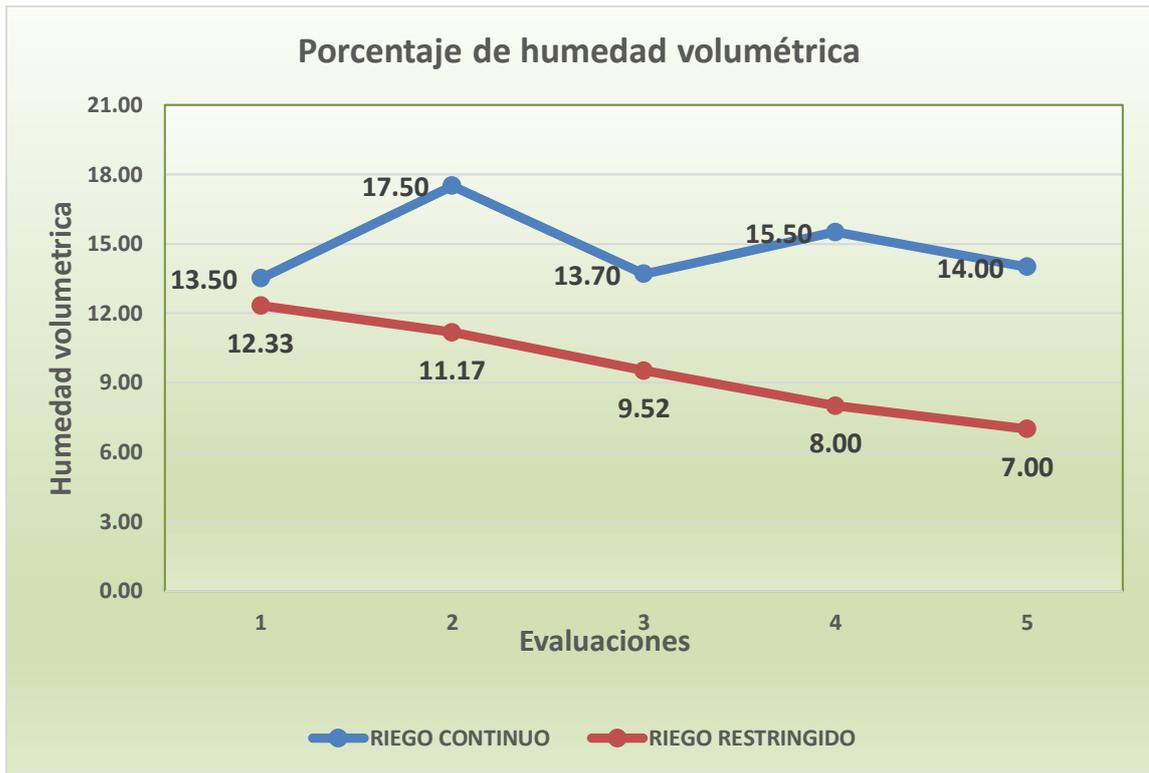


Figura 20: Porcentaje de agua en el suelo por número de pulsos en 30 segundos

**Cuadro 28: Condiciones hídricas en el cuarto periodo de control de humedad en morfotipos con riego continuo y riego restringido**

EVALUACIÓN	%Hdad Vol		Pulsos Hidrómetro		Humedad disp	
	RC	RR	RC	RR	RC	RR
1	13,50	12,33	367,07	342,66	50	45
2	17,50	11,17	407,01	304,42	64,8	41,37
3	13,70	9,52	363,33	245,61	50,74	35,25
4	15,50	8,00	392,00	206,62	57,4	29,62
5	14,00	7,00	374,05	171,55	51,85	25,9



**Figura 21: Variación de la humedad volumétrica del sustrato durante el cuarto periodo de control de humedad**

#### 4.2.2 Efectos sobre el crecimiento y desarrollo de plantas

En general, se espera que las condiciones de déficit de humedad disponible afecten las funciones fisiológicas de las plantas y reduzca los valores de las características morfológicas. De acuerdo a los resultados obtenidos (Cuadro 29), al comparar los promedios de las características de todos los morfotipos nativos, el estrés de humedad redujo el grosor de tallos y el peso seco de las plantas. Los resultados de efectos estadísticamente no significativos en el porte de plantas, longitud de entrenudos, índice de hoja e índice el foliolo terminal indicaría que la sequía no modificó estas características; sin embargo, entre los morfotipos se presentaron diferentes respuestas atribuibles a sus diferencias de naturaleza genética; el 45.4%, 22.2%, 44.4%, 44.0%, 51.8% y 28.1% de los morfotipos bajo RR mostraron plantas con mayores promedios de altura de plantas, grosor de tallos, longitud de entrenudos, índice de hoja, índice de foliolo terminal y peso seco de follaje respectivamente.

**Cuadro 29: Promedios y significación estadística de las diferencias de características de plantas de papas nativas crecidas en condiciones de riego continuo (RC) y riego restringido (RR)**

Características	Morfotipos	n	Promedios		Significación
			RC <sup>1</sup>	RR <sup>2</sup>	
Altura de plantas (cm)	Todos	44	55.06	54.24	ns
	Susceptibles	16	61.59	55.15	**
	Tolerantes	20	51.08	54.43	**
Grosor de tallos (cm)	Todos	27	0.74	0.69	**
	Susceptibles	21	0.75	0.67	**
	Tolerantes	6	0.72	0.77	**
Longitud de entrenudos (cm)	Todos	27	5.85	5.66	ns
	Susceptibles	15	6.27	5.57	**
	Tolerantes	12	5.31	5.77	**
Índice de hoja (l/a)	Todos	25	2.03	2.03	ns
	Susceptibles	14	2.15	1.99	**
	Tolerantes	11	1.89	2.11	**
Índice de foliolo terminal (l/a)	Todos	27	2.13	2.14	ns
	Susceptibles	13	2.23	2.06	**
	Tolerantes	14	2.05	2.22	**
Peso seco de follaje (g)	Todos	64	30.10	26.28	**
	Susceptibles	27	37.25	22.73	**
	Tolerantes	18	24.57	30.85	**

#### **A. Efectos sobre la altura o porte de plantas:**

El cuadro 30 presenta la altura promedio de plantas de 44 morfotipos con riego continuo (RC) y riego restringido (RR) durante cuatro oportunidades del crecimiento y desarrollo de las plantas. Por otra parte, la figura 22, muestra la variación de la altura promedio general de plantas y el número total de riegos por planta en morfotipos con riego continuo y su contraparte en sequía, siendo 21 y 7 respectivamente

En la primera evaluación de altura de planta el promedio general era de 11 cm (20% de la altura máxima), 40 días después aumentó a 41cm, habiendo una diferencia de 30 cm con respecto a la primera evaluación, registrando un ritmo de crecimiento de 0.75 cm por día. En la tercera evaluación aumentó 10 cm más, evidenciando un ritmo de crecimiento de 1cm. Finalmente, a los 90 días después del trasplante la planta creció solamente 3 cm, declinando su ritmo de crecimiento a 0.11 cm/día.

**Cuadro 30: Variación de la altura de planta de los morfotipos en estudio**

MORFOTIPO BGR	20 DÍAS		60 DÍAS		70 DÍAS		90 DÍAS	
	RC	RR	RC	RR	RC	RR	RC	RR
273	11,00	13,33	48,00	50,00	54,50	60,33	57,00	67,33
116	13,00	10,67	49,00	51,33	61,50	63,33	74,50	44,67
16	14,50	11,67	53,00	46,33	61,50	64,33	63,50	64,00
226	13,50	13,67	54,00	56,00	67,50	70,00	68,00	69,67
27	8,50	6,67	45,00	46,00	60,00	57,33	72,50	64,67
21	6,00	7,00	33,50	28,67	35,00	47,33	48,00	49,67
23	13,00	12,00	51,50	59,33	69,50	71,33	73,00	71,33
muestra 51	13,00	14,00	46,50	46,00	60,50	59,00	64,00	60,00
222	12,50	9,00	42,00	34,67	60,00	60,00	62,00	57,00
21	9,50	10,33	45,50	57,33	57,00	59,33	58,00	59,67
118	10,50	11,67	42,00	39,67	48,00	49,00	48,50	51,33
muestra 77	10,00	11,67	40,00	36,33	53,50	50,33	59,50	62,00
19	9,00	13,67	36,50	36,33	52,00	47,00	53,00	49,00
169	8,00	9,00	42,50	40,00	46,50	48,00	44,00	48,00
muestra 104	6,00	10,00	44,00	37,33	41,00	51,33	53,00	53,00
141	14,50	13,67	48,50	47,33	56,00	59,67	56,50	55,33
236	9,50	8,67	37,00	36,67	50,00	47,33	48,00	51,00
23	10,50	11,67	39,00	36,00	47,50	40,67	57,50	53,67
298	7,50	10,00	36,00	37,33	44,00	45,00	41,50	51,00
61	12,00	11,67	46,00	47,67	56,00	56,00	58,00	61,00
200	12,00	11,33	43,00	44,67	49,00	54,00	58,50	60,00
296	11,50	11,00	49,00	53,00	69,00	63,33	57,50	67,33
238	11,00	11,67	39,00	41,67	49,00	50,00	53,00	45,67
130	15,00	12,33	41,50	47,67	53,00	55,33	53,00	55,67
241	8,50	8,33	37,00	37,33	46,50	50,33	52,00	51,67
104	9,00	9,33	27,00	28,67	29,00	35,00	32,00	32,33
99	9,50	12,33	26,00	23,67	27,50	26,00	28,00	29,00
19	8,00	7,33	36,00	36,67	48,00	41,00	49,00	50,33
122	11,00	12,00	47,00	46,67	59,50	50,33	63,00	49,67
21	14,00	12,00	46,50	51,33	59,50	53,33	57,00	54,00
208	14,50	13,67	42,00	47,00	56,00	56,33	55,00	52,33
122	11,00	10,00	43,50	40,33	56,00	56,33	55,00	49,33
40	16,00	15,00	48,00	46,67	65,00	63,33	66,50	61,33
192	8,50	11,67	48,00	48,00	60,50	59,67	65,50	60,67
142	9,00	8,33	30,00	25,67	39,00	41,33	39,00	39,00
17	10,50	10,67	36,50	39,00	49,00	45,67	57,50	53,67
20	12,00	15,33	45,00	42,33	54,50	55,33	59,00	59,00
170	16,00	16,00	56,50	53,67	63,50	66,33	72,50	72,33
155	8,50	8,67	31,50	35,00	45,50	46,00	44,50	45,67
140	12,00	11,33	32,00	31,33	35,50	39,67	41,50	44,00
318	8,00	10,67	34,00	38,00	45,50	45,00	51,50	54,33
166	13,50	11,00	39,00	44,67	44,50	49,00	44,00	46,67
46	11,00	10,33	44,50	44,67	62,50	65,33	63,50	65,00
256	10,50	10,33	33,00	30,33	44,50	42,00	44,50	44,33
<b>PROMEDIO</b>	<b>10,97</b>	<b>11,15</b>	<b>41,70</b>	<b>42,01</b>	<b>52,11</b>	<b>52,65</b>	<b>55,06</b>	<b>54,24</b>
	<b>11,06</b>		<b>41,86</b>		<b>52,38</b>		<b>54,65</b>	

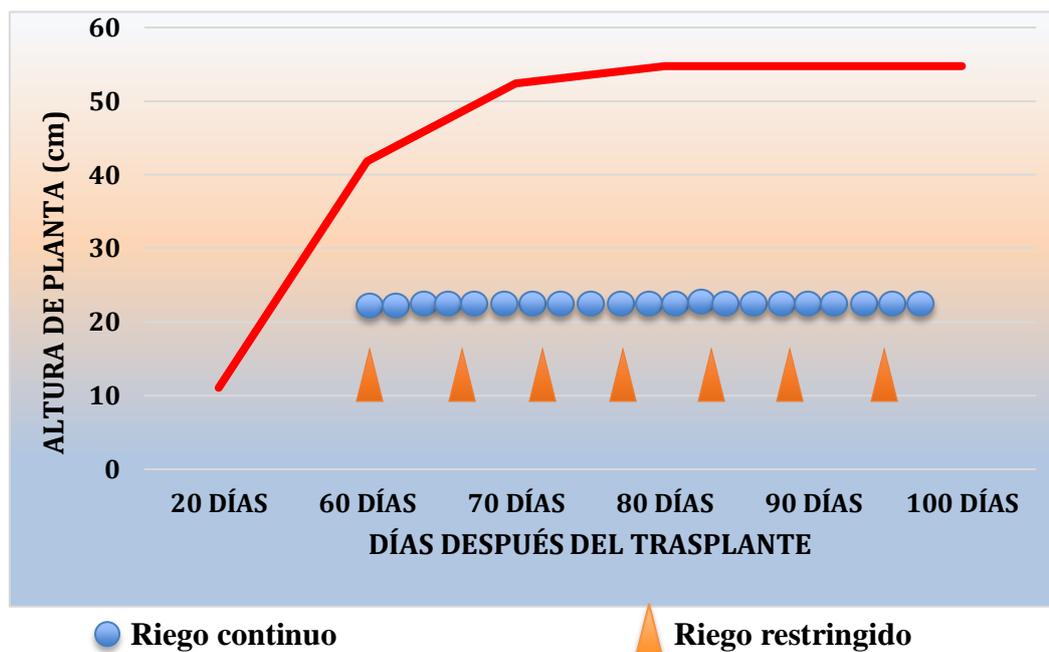


Figura 22: Variación del promedio general de la altura de plantas (cm) de los morfotipos en estudio

Las medias o promedios para porte máximo de plantas (90 días después del trasplante) de los morfotipos con riego continuo (RC) y riego restringido (RR), fueron sometidos a una prueba t de Student, dando los siguientes resultados (Cuadro 31)

Cuadro 31: Estadísticas descriptivas para altura de plantas en morfotipos CR y RR

Muestra	N	Media	Desv. Est.	Error estándar de la media
Riego continuo	44	55,06	10,47	1,58
Riego restringido	44	54,24	9,50	1,43

Al parecer no se evidencian diferencias importantes en los promedio con RC y RR. Para confirmarlo, se procedió a realizar una prueba t de muestras pareadas o relacionadas con un nivel de significación de 0.05, demostrando que no existen diferencias significativas entre estas alturas promedio (Cuadro 32).

Cuadro 32: Prueba t de Student para altura de plantas

Hipótesis nula	$H_0: \text{diferencia}_\mu = 0$
Hipótesis alterna	$H_1: \text{diferencia}_\mu \neq 0$
<b>Valor T</b>	<b>Valor p</b>
0,85	0,399

Sin embargo, se sabe que los clones tienen diferente naturaleza genética, es por ello que se realizó un histograma de las diferencias de alturas (Figura 23) pudiendo ver que existen morfotipos donde la altura de la planta fue mayor con riego continuo que con riego restringido (plantas susceptibles) (Cuadro 33) y también que existe otro agrupamiento donde la altura de planta fue mayor con RR que con RC (plantas tolerantes) (Cuadro 34). Por ello, se procedió a realizar las pruebas estadísticas por separado, donde se encontraron que estas diferencias si eran significativas (Cuadro 35, 36).

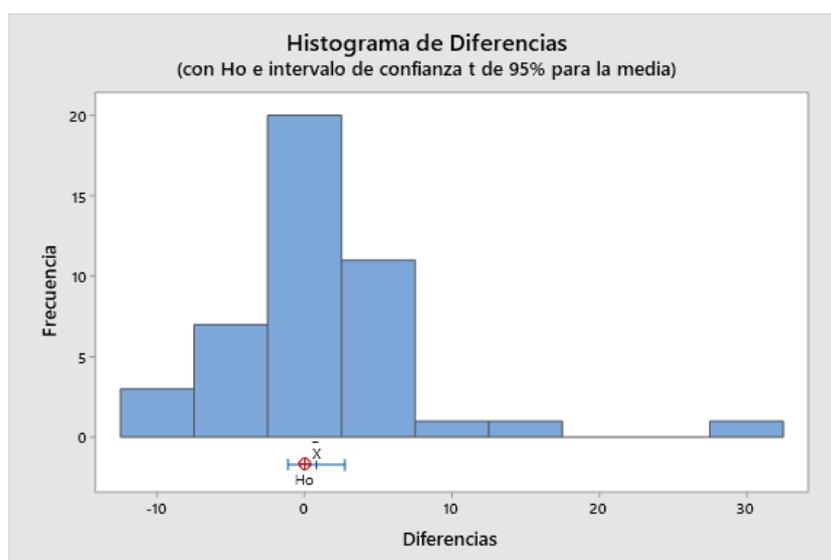


Figura 23: Histograma de diferencias para altura de plantas

Cuadro 33: Altura de planta de morfotipos susceptibles a la sequía

Muestra	Morfotipo BGR	Altura (cm/plta)		
		Riego continuo	Riego restringido	Diferencia
6	116	74,5	44,67	29,83
220	122	63,0	49,67	13,33
18	27	72,5	64,67	7,83
180	238	53,0	45,67	7,33
224	122	55,0	49,33	5,67
230	40	66,5	61,33	5,17
58	222	62,0	57,00	5,00
233	192	65,5	60,67	4,83
79	19	53,0	49,00	4,00
51	muestra	64,0	60,00	4,00
221	21	57,0	54,00	3,00
139	23	57,5	53,67	3,83
239	17	57,5	53,67	3,83
222	208	55,0	52,33	2,67
46	23	73,0	71,33	1,67
116	141	56,5	55,33	1,17
<b>PROMEDIO</b>		<b>61,59</b>	<b>55,15</b>	

**Cuadro 34: Altura de planta de morfotipos considerados tolerantes a la sequía**

CLON	Morfotipo BGR	Altura (cm/plta)		
		Riego continuo	Riego restringido	Diferencia
217	99	28,0	29,00	-1,00
250	155	44,5	45,67	-1,17
219	19	49,0	50,33	-1,33
168	200	58,5	60,00	-1,50
267	46	63,5	65,00	-1,50
17	226	68,0	69,67	-1,67
28	21	48,0	49,67	-1,67
59	21	58,0	59,67	-1,67
61	118	48,5	51,33	-2,83
77	muestra	59,5	62,00	-2,50
252	140	41,5	44,00	-2,50
196	130	53,0	55,67	-2,67
265	166	44,0	46,67	-2,67
263	318	51,5	54,33	-2,83
124	236	48,0	51,00	-3,00
153	61	58,0	61,00	-3,00
83	169	44,0	48,00	-4,00
148	298	41,5	51,00	-9,50
171	296	57,5	67,33	-9,83
1	273	57,0	67,33	-10,33
<b>PROMEDIO</b>		<b>51,08</b>	<b>54,43</b>	

**Cuadro 35: Estadísticas descriptivas y prueba t de Student de las diferencias de promedios de altura de plantas de morfotipos susceptibles**

Estadísticas descriptivas					Prueba	
Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Hipótesis nula	H <sub>0</sub> : diferencia_μ = 0
RIEGO CONTINUO	16	61.59	7.20	1.80		
RIEGO RESTRINGIDO	16	55.15	7.13	1.78		
					<b>Valor T</b>	<b>Valor p</b>
					3.76	0.002

**Cuadro 36: Estadísticas descriptivas y prueba t de Student de las diferencias de promedios de altura de plantas entre morfotipos tolerantes**

Estadísticas descriptivas					Prueba	
Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Hipótesis nula	H <sub>0</sub> : diferencia_μ = 0
RIEGO CONTINUO	20	51.08	9,27	2,07		
RIEGO RESTRINGIDO	20	54.43	9,85	2,20		
					<b>Valor T</b>	<b>Valor p</b>
					-5,14	0.000

En el grupo de plantas calificadas como susceptibles se aprecia (Cuadro 33) que en condiciones de sequía redujeron en 10% su altura de planta (61.59 cm RC, 55.15 cm RR) Dentro de este grupo el morfotipo Niñasha (BGR 116) fue el más afectado por la sequía (40 % de menor altura). Al suministrar menor volumen de agua, se espera una menor aceleración en el crecimiento y desarrollo de la planta, debido a una menor tasa de división y expansión celular como señalan Martínez y Huamán (1988); de la misma manera Taiz y Zeiger (1998), indican que en estas condiciones existe una menor presión de turgencia en plantas bajo déficit hídrico.

Por otra parte, en el grupo de plantas consideradas como tolerantes, los morfotipos bajo riego restringido presentaron una altura promedio mayor a las que tienen un riego continuo (51,08 cm RC, 54,43 cm RR), aumentándola en un 6 % . Los morfotipos probablemente presentaron mecanismos de resistencia por evasión que se define como la habilidad para que los factores externos no causen daño generando en la planta una barrera de defensa reduciendo el estrés tal como señalan Sevilla y Holle (2004) y Gonzales (1999). Como se sabe al finalizar un periodo de sequía, se realizaron riegos a las plantas bajo estrés, evidenciando recuperación, coincidiendo con lo planteado por Equenyaque (1994), citando a la recuperación como un mecanismo de respuesta de la planta luego de un periodo estresante.

### **B. Efectos sobre la longitud de entrenudos:**

El cuadro 37 muestra la variación de la longitud de entrenudos de 27 plantas de morfotipos de papa nativa con riego continuo (RC) y riego restringido (RR) a los 60 y 90 días después del trasplante. En la primera evaluación la longitud de entrenudos era de 5.53 cm (96% de la longitud final de entrenudos). Por lo tanto, el ritmo de crecimiento fue 0.76 mm/día.

Se aplicó una prueba t para ambos tratamientos dando como resultado las siguientes datos (Cuadro 38)

**Cuadro 37: Variación de la longitud de entrenudos (cm) de los morfotipos en estudio**

MORFOTIPO BGR	60 DÍAS		90 DÍAS	
	RC	RR	RC	RR
273	7,51	6,61	8,10	7,09
116	7,15	7,47	6,17	6,19
27	5,64	5,39	5,85	5,65
21	4,06	5,96	6,43	6,07
21	6,05	7,23	6,78	6,59
muestra 77	5,35	5,16	5,75	7,26
169	6,57	6,02	5,60	5,60
muestra 104	3,44	4,40	4,58	5,06
236	5,40	4,70	5,14	5,48
23	6,60	7,08	6,28	5,61
298	5,77	4,75	5,84	5,00
61	5,63	6,65	5,16	4,96
200	3,45	5,09	4,46	5,35
296	5,52	8,76	6,06	5,46
238	5,34	5,47	5,47	5,36
130	4,03	5,59	5,72	5,79
241	4,98	5,39	4,74	5,05
104	5,19	3,92	5,53	4,54
19	5,23	5,23	6,65	5,20
122	4,46	4,58	6,37	7,27
21	6,54	6,07	6,46	5,93
192	6,27	5,88	7,98	5,25
17	3,82	3,91	5,64	5,05
20	6,87	5,13	5,90	5,72
170	6,12	5,50	5,53	6,00
140	4,93	5,48	5,28	5,35
318	4,80	4,50	4,44	4,80
<b>PROMEDIO</b>	<b>5,43</b>	<b>5,63</b>	<b>5,85</b>	<b>5,66</b>
	<b>5,53</b>	<b>5,76</b>		

**Cuadro 38: Estadísticas descriptivas para longitud de entrenudos en morfotipos con RC y RR**

Muestra	N	Media	Desv. Est.	Error estándar de la media
Riego continuo	27	5.847	0.898	0.173
Riego restringido	27	5.655	0.720	0.139

Como se aprecia a nivel de promedios, en cada fecha de evaluación no se observaron diferencias importantes. Para confirmarlo se usó la prueba t de Student para muestras pareadas o relacionadas para la medición a los 90 días después del trasplante confirmando con un nivel de significación de 0.05 que no existen diferencias significativas entre los promedios (Cuadro 39).

### Cuadro 39: Prueba t Student para longitud de entrenudos

Hipótesis nula	$H_0: \text{diferencia}_\mu = 0$
Hipótesis alterna	$H_1: \text{diferencia}_\mu \neq 0$
<b>Valor T</b>	<b>Valor p</b>
1.21	0.238

Si se considera el supuesto de que las plantas bajo condiciones de sequía deberían tener entrenudos más cortos, que la longitud de entrenudos está relacionada con la altura de las plantas y que estas características son dependientes de los genotipos, se realizó un histograma de las diferencias de longitudes de entrenudos (Figura 24), pudiendo ver que existen morfotipos donde la longitud de entrenudo de la planta fue mayor con riego continuo que con riego restringido (plantas susceptibles) (Cuadro 40) y también que existe otro grupo donde la longitud de entrenudo de la planta fue mayor con riego restringido que con riego continuo (plantas tolerantes) (Cuadro 41). Por ello, se procedió a realizar las pruebas estadísticas t de Student por separado, donde se encontraron que estas diferencias si eran significativas (Cuadro 42, Cuadro 43).

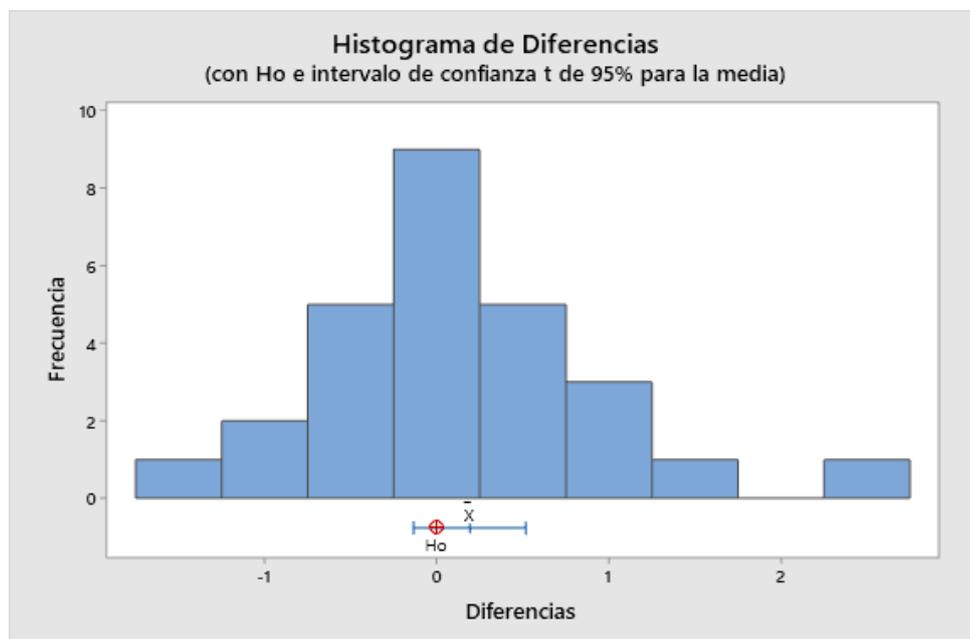


Figura 24: Histograma de diferencias para longitud de entrenudos de morfotipos de papa

**Cuadro 40: Longitud de entrenudos de morfotipos considerados susceptibles**

Muestra	Morfotipo		Long. de entrenudos (cm)		
	BGR	Riego continuo	Riego restringido	Diferencia	
233	273	7,98	5,25	2,73	
219	192	6,65	5,20	1,45	
1	19	8,10	7,09	1,01	
215	104	5,53	4,54	0,99	
148	298	5,84	5,00	0,84	
139	23	6,28	5,61	0,67	
171	296	6,06	5,46	0,59	
239	17	5,64	5,05	0,59	
221	21	6,46	5,93	0,53	
28	27	6,43	6,07	0,35	
18	27	5,85	5,65	0,20	
153	61	5,16	4,96	0,20	
59	21	6,78	6,59	0,19	
242	20	5,90	5,72	0,18	
180	238	5,47	5,36	0,11	
<b>PROMEDIO</b>		<b>6,27</b>	<b>5,57</b>		

**Cuadro 41: Longitud de entrenudos de morfotipos considerados tolerantes**

Muestra	Morfotipo		Long. de entrenudos (cm)		
	BGR	Riego continuo	Riego restringido	Diferencia	
83	169	5,60	5,60	-0,01	
6	116	6,17	6,19	-0,02	
252	140	5,28	5,35	-0,07	
196	130	5,72	5,79	-0,07	
205	241	4,74	5,05	-0,31	
124	236	5,14	5,48	-0,34	
263	318	4,44	4,80	-0,37	
243	170	5,53	6,00	-0,47	
104	muestra 104	4,58	5,06	-0,48	
168	200	4,46	5,35	-0,90	
220	122	6,37	7,27	-0,90	
77	muestra 77	5,75	7,26	-1,51	
<b>PROMEDIO</b>		<b>5,31</b>	<b>5,77</b>		

**Cuadro 42: Estadísticas descriptivas y prueba t de Student de las diferencias de promedios de longitud de entrenudos en plantas de morfotipos susceptibles**

Muestra	Estadísticas descriptivas				Prueba	
	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Hipótesis nula	H <sub>0</sub> : diferencia_μ = 0
					Hipótesis alterna	H <sub>1</sub> : diferencia_μ ≠ 0
RIEGO CONTINUO	15	6,274	0,849	0,219	<b>Valor T</b>	<b>Valor p</b>
RIEGO RESTRINGIDO	15	5,565	0,66	0,17	4,06	0,001

**Cuadro 43: Estadísticas descriptivas y prueba t de Student de las diferencias de promedios de longitud de entrenudos en plantas de morfotipos tolerantes**

Muestra	Estadísticas descriptivas				Prueba	
	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Hipótesis nula	H <sub>0</sub> : diferencia_μ = 0
					Hipótesis alterna	H <sub>1</sub> : diferencia_μ ≠ 0
RIEGO CONTINUO	12	5,313	0,655	0,189	<b>Valor T</b>	<b>Valor p</b>
RIEGO RESTRINGIDO	12	5,768	0,804	0,232	-3,49	0,005

Por otra parte, se analizó mediante una prueba t de Student, la longitud de entrenudos promedio, a los 90 días después del trasplante, de los morfotipos considerados susceptibles y tolerantes según el porte de plantas, resultando que con una significación de 0.05, no se evidenciaron diferencias significativas en ambos grupos (Cuadro 44, Cuadro 45). El porte de plantas bajo condiciones de estrés hídrico es afectado en algunas plantas, así como en otras la influencia es nula. Sin embargo, sus longitudes de entrenudos no evidenciaron cambios importantes.

**Cuadro 44: Estadísticas descriptivas y prueba t de la longitud de entrenudos de morfotipos susceptibles según el porte de plantas**

Muestra	Estadísticas descriptivas				Prueba	
	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Hipótesis nula	H <sub>0</sub> : diferencia_μ = 0
					Hipótesis alterna	H <sub>1</sub> : diferencia_μ ≠ 0
RIEGO CONTINUO	8	6,27	0,773	0,273	<b>Valor T</b>	<b>Valor p</b>
RIEGO RESTRINGIDO	8	5,78	0,701	0,248	1,337	0,223

**Cuadro 45: Estadísticas descriptivas y prueba t de la longitud de entrenudos de morfotipos tolerantes según el porte de plantas**

Muestra	Estadísticas descriptivas				Prueba	
	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Hipótesis nula	H <sub>0</sub> : diferencia_μ = 0
					Hipótesis alterna	H <sub>1</sub> : diferencia_μ ≠ 0
RIEGO CONTINUO	14	5,81	0,97	0,259	<b>Valor T</b>	<b>Valor p</b>
RIEGO RESTRINGIDO	14	5,71	0,77	0,206	0,494	0,63

### C. Efecto sobre el grosor de tallo:

El cuadro 46 muestra la variación del grosor de tallo de 27 morfotipos de papa en condiciones de riego continuo (RC) y riego restringido (RR) en dos oportunidades del crecimiento y desarrollo de plantas.

**Cuadro 46: Variación del grosor de tallo (cm) de los morfotipos en estudio**

MORFOTIPO BGR	60 días		90 días	
	RC	RR	RC	RR
273	0,48	0,83	0,77	0,75
116	0,68	0,84	0,80	0,73
27	0,90	0,87	0,85	0,81
27	0,96	0,87	0,66	0,64
21	0,74	0,81	0,78	0,72
muestra 77	0,66	0,68	0,61	0,68
169	0,89	0,88	0,84	0,71
muestra 104	0,57	0,56	0,59	0,59
236	0,52	0,74	0,73	0,79
23	0,70	0,54	0,65	0,54
298	0,66	0,69	0,79	0,72
61	0,81	0,88	0,80	0,80
200	0,62	0,67	0,63	0,61
296	0,92	0,68	0,81	0,76
238	1,01	0,77	0,75	0,63
130	0,65	0,65	0,68	0,45
241	0,83	0,79	0,84	0,69
104	0,68	0,81	0,73	0,81
19	0,73	0,78	0,79	0,77
122	0,41	0,64	0,86	0,68
21	0,64	0,60	0,77	0,75
192	0,90	0,83	0,88	0,79
17	0,60	0,82	0,69	0,66
20	0,67	0,76	0,78	0,61
170	1,07	1,05	0,85	0,94
140	0,50	0,50	0,52	0,48
318	0,71	0,70	0,63	0,59
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,72</b>	<b>0,75</b>	<b>0,74</b>	<b>0,69</b>
	<b>0,72</b>		<b>0,72</b>	

**Cuadro 47: Estadísticas descriptivas para grosor de tallo (cm) en morfotipos con RC y RR**

Muestra	N	Media	Desv. Est.	Error estándar de la media
Riego continuo	27	0.7411	0.0950	0.0183
Riego restringido	27	0.6933	0.1089	0.0210

En el cuadro 47 se puede apreciar que en general existen diferencias del grosor del tallo promedio de la planta cuando estuvo con riego continuo y riego restringido. Para confirmarlo se usó la prueba t de Student de muestras pareadas o relacionadas, confirmando con un nivel de significación de 0.05 que si existen diferencias significativas

en los promedios de grosor de tallo para cada tratamiento, teniendo las plantas un mayor grosor promedio cuando fueron sometidas a condiciones de riego continuo (Cuadro 48).

**Cuadro 48: Prueba t Student para grosor de tallo**

Hipótesis nula	$H_0: \text{diferencia}_\mu = 0$
Hipótesis alterna	$H_1: \text{diferencia}_\mu \neq 0$
<b>Valor T</b>	<b>Valor p</b>
3.09	0.005

Sin embargo, se sabe que los morfotipos evaluados poseen características genéticas diferentes y además, tienen diferente grados de afectación, es por ello, que se realizaron agrupamientos en aquellos que disminuyen el grosor de tallo bajo riego restringido (susceptibles) (Cuadro 49) y aquellos que bajo condiciones adversas lo aumentan (tolerantes) (Cuadro 50), se procedió a realizar las pruebas estadísticas t de Student por separado, donde se encontraron que las diferencias si eran significativas en ambos grupos (Cuadro 51, Cuadro 52).

**Cuadro 49: Grosor de tallo de morfotipos considerados susceptibles**

MORFOTIPO BGR	Grosor de tallo (cm)		
	Riego continuo	Riego restringido	Diferencia
130	0,68	0,45	0,22
122	0,86	0,68	0,18
20	0,78	0,61	0,17
241	0,84	0,69	0,15
169	0,84	0,71	0,13
238	0,75	0,63	0,12
23	0,65	0,54	0,11
192	0,88	0,79	0,09
116	0,80	0,73	0,07
298	0,79	0,72	0,06
21	0,78	0,72	0,06
296	0,81	0,76	0,04
27	0,85	0,81	0,04
318	0,63	0,59	0,04
140	0,52	0,48	0,03
17	0,69	0,66	0,03
200	0,63	0,61	0,02
27	0,66	0,64	0,02
21	0,77	0,75	0,02
273	0,77	0,75	0,01
19	0,79	0,77	0,01
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,75</b>	<b>0,67</b>	

**Cuadro 50: Grosor de tallo de morfotipos considerados tolerantes**

MORFOTIPO BGR	Grosor de tallo (cm)		
	Riego continuo	Riego restringido	Diferencia
61	0,80	0,80	0,00
muestra 104	0,59	0,59	0,00
236	0,73	0,79	-0,07
muestra 77	0,61	0,68	-0,08
104	0,73	0,81	-0,09
170	0,85	0,94	-0,09
PROMEDIO	0,72	0,77	

**Cuadro 51: Estadísticas descriptivas y prueba t de Student de las diferencias de promedios de grosor de tallo en plantas de morfotipos susceptibles**

Estadísticas descriptivas					Prueba	
Muestra	N	Media	Desv.Est.	Desv. Error promedio	Hipótesis nula	H <sub>0</sub> : diferencia_μ = 0
					Hipótesis alterna	H <sub>1</sub> : diferencia_μ ≠ 0
RIEGO CONTINUO	21	0,751	0,093	0,02043	<b>Valor T</b>	<b>Valor p</b>
RIEGO RESTRINGIDO	21	0,671	0,098	0,02145	5,89	0,00

**Cuadro 52: Estadísticas descriptivas y prueba t de Student de las diferencias de promedios de grosor de tallo en plantas de morfotipos tolerantes**

Estadísticas descriptivas					Prueba	
Muestra	N	Media	Desv.Est.	Desv. Error promedio	Hipótesis nula	H <sub>0</sub> : diferencia_μ = 0
					Hipótesis alterna	H <sub>1</sub> : diferencia_μ ≠ 0
RIEGO CONTINUO	6	0,718	0,102	0,04183	<b>Valor T</b>	<b>Valor p</b>
RIEGO RESTRINGIDO	6	0,768	0,120	0,04909	-3,06	0,028

Resulta evidente que mientras las plantas reciban menor volumen de agua hasta encontrarse en condiciones de estrés hídrico por sequía, el grosor de tallo disminuye, debido a que las células de los tejidos pierden turgencia, por lo tanto, las paredes celulares tienden a reducirse como señala Taiz y Zeiger (1998). Por otra parte, se evaluó mediante una prueba t de Student para muestras pareadas el grosor de tallos a los 90 días después del trasplante de aquellos morfotipos considerados tolerantes y susceptibles según el porte de plantas, evidenciando que con un nivel de significación de 0.05 existen diferencias significativas y no significativas en plantas de morfotipos susceptibles y tolerantes respectivamente (Cuadro 53, Cuadro 54). Se puede decir que ocho morfotipos de papa nativa que a la vez que redujeron el porte de plantas también vieron afectados su grosor de tallo, confirmando lo planteado por Martínez y Huaman (1988) que bajo condiciones de estrés hídrico por sequía en la planta ocurrirá poca división y expansión celular afectando el desarrollo de sus órganos.

**Cuadro 53: Estadísticas descriptivas y prueba t de grosor de tallo de morfotipos susceptibles según el porte de plantas**

Estadísticas descriptivas					Prueba	
Muestra	N	Media	Desv.Est.	Desv. Error promedio	Hipótesis nula	H <sub>0</sub> : diferencia_μ = 0
					Hipótesis alterna	H <sub>1</sub> : diferencia_μ ≠ 0
RIEGO CONTINUO	8	0,781	0,083	0,02918	<b>Valor T</b>	<b>Valor p</b>
RIEGO RESTRINGIDO	8	0,699	0,090	0,03165	4,33	0,030

**Cuadro 54: Estadísticas descriptivas y prueba t de grosor de tallo de morfotipos tolerantes según el porte de plantas**

Estadísticas descriptivas					Prueba	
Muestra	N	Media	Desv.Est.	Desv. Error promedio	Hipótesis nula	H <sub>0</sub> : diferencia_μ = 0
					Hipótesis alterna	H <sub>1</sub> : diferencia_μ ≠ 0
RIEGO CONTINUO	14	0,717	0,095	0,02549	<b>Valor T</b>	<b>Valor p</b>
RIEGO RESTRINGIDO	14	0,676	0,110	0,02940	2,06	0,060

#### D. Efecto sobre el índice de hoja:

El cuadro 55 presenta la variación promedio general del índice de hoja de 26 morfotipos BGR bajo riego continuo y restringido, en dos momentos durante el crecimiento y desarrollo de las plantas.

**Cuadro 55: Variación del índice de hoja de los morfotipos en estudio**

MORFOTIPO BGR	60 DÍAS		80 DÍAS	
	RC	RR	RC	RR
273	2,19	2,45	2,15	1,78
116	1,77	2,08	1,64	1,72
27	1,62	2,28	1,81	2,22
21	1,71	1,89	2,01	1,88
21	2,05	2,15	1,86	2,24
muestra 77	1,77	1,42	1,60	1,41
169	2,45	2,26	2,05	2,07
muestra 104	3,23	2,27	1,91	1,91
236	1,81	2,02	1,62	1,87
23	2,10	2,16	1,76	1,63
298	2,35	2,28	2,02	2,00
61	2,32	2,18	1,90	1,73
200	2,08	1,94	1,86	2,04
296	1,66	1,85	1,58	1,64
238	2,02	2,02	2,11	1,86
130	2,10	1,80	2,05	1,66
241	2,51	2,43	2,37	1,88
104	1,72	2,00	1,95	1,83
19	2,04	2,00	1,93	1,79
21	2,25	2,01	1,82	1,90
192	1,98	1,75	1,82	1,60
17	2,02	2,12	1,82	1,73
20	1,82	2,23	2,30	1,65
170	2,27	1,96	1,80	1,77
140	2,07	1,92	1,95	1,79
318	1,93	2,21	2,15	2,34
<b>PROMEDIO</b>	<b>2,07</b>	<b>2,07</b>	<b>1,92</b>	<b>1,84</b>
	<b>2,07</b>		<b>1,88</b>	

**Cuadro 56: Estadísticas descriptivas para índice de hoja en morfotipos con RC Y RR**

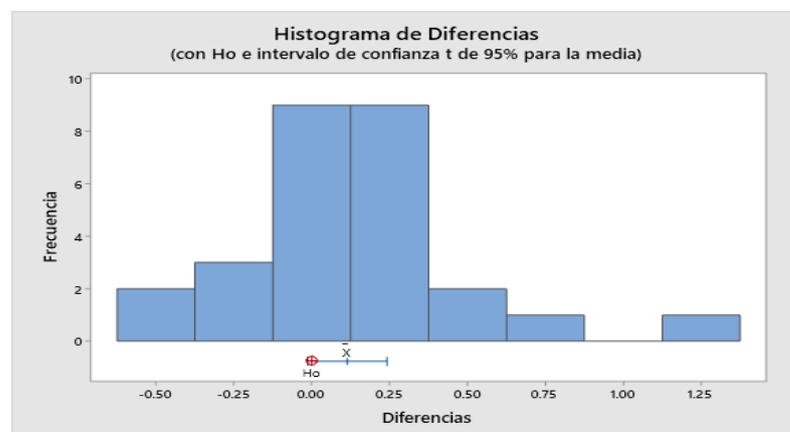
Muestra	N	Media	Desv. Est.	Desv. Error promedio
Riego continuo	26	1,92	0,20185	0,03959
Riego restringido	26	1,84	0,21287	0,04175

La comparación de promedios de todos los morfotipos no muestra diferencias importantes en las plantas con riego continuo y riego restringido (Cuadro 56). Para confirmarlo, se usó la prueba t de muestras pareadas confirmando con un nivel de significación de 0.05 que no existen diferencias significativas entre estos índices de hoja promedio (Cuadro 57).

**Cuadro 57: Prueba t Student para índice de hoja**

Hipótesis nula	$H_0: \text{diferencia}_\mu = 0$
Hipótesis alterna	$H_1: \text{diferencia}_\mu \neq 0$
<b>Valor T</b>	<b>Valor p</b>
1,496	0,147

La figura 25 muestra el histograma de las diferencias de índices de hoja pudiendo ver que existen morfotipos en los que el índice de hoja de la planta fue mayor con riego continuo que riego restringido (plantas susceptibles) y también otro grupo en el que los índice de hoja fue mayor con riego restringido que con riego continuo (plantas resistentes) (Cuadro 58). Por ello, se procedió a realizar las pruebas estadísticas por separado, donde se encontraron que estas diferencias si eran significativas (Cuadro 59, Cuadro 60). Los morfotipos susceptibles al riego restringido probablemente para transpirar menos y conservar de modo efectivo el suministro limitado de agua por suelo, generaron una menor área foliar, así como en algunos casos el numero de hojas, tal y como lo plantea Taiz y Zeigrer (1998).



**Figura 25: Histograma de diferencias para índice de hoja de morfotipos de papa**

**Cuadro 58: Morfotipos susceptibles y tolerantes según el índice de hoja**

MORFOTIPO BGR	Morfotipos susceptibles			CLON	Morfotipos tolerantes		
	Índice de hoja		Diferencia		Índice de hoja		Diferencia
	CON RIEGO	SIN RIEGO			CON RIEGO	SIN RIEGO	
20	2,30	1,65	0,65	243	1,80	1,77	0,03
241	2,37	1,88	0,49	148	2,02	2,00	0,02
130	2,05	1,66	0,39	104	1,91	1,91	0,00
273	2,15	1,78	0,37	83	2,05	2,07	-0,02
238	2,11	1,86	0,24	171	1,58	1,64	-0,06
192	1,82	1,60	0,22	6	1,64	1,72	-0,08
muestra 77	1,60	1,41	0,20	221	1,82	1,90	-0,08
61	1,90	1,73	0,17	168	1,86	2,04	-0,17
140	1,95	1,79	0,16	263	2,15	2,34	-0,20
19	1,93	1,79	0,13	124	1,62	1,87	-0,25
23	1,76	1,63	0,13	59	1,86	2,24	-0,38
21	2,01	1,88	0,13	18	1,81	2,22	-0,41
104	1,95	1,83	0,12	<b>PROMEDIO</b>	<b>1,84</b>	<b>1,98</b>	
17	1,82	1,73	0,10				
<b>PROMEDIO</b>	<b>1,98</b>	<b>1,73</b>					

**Cuadro 59: Estadísticas descriptivas y prueba t Student de las diferencias de promedios de índice de hoja de morfotipos susceptibles**

Muestra	N	Estadísticas descriptivas			Prueba	
		Media	Desv.Est.	Desv. Error promedio	Hipótesis nula	H <sub>0</sub> : diferencia_μ = 0
					Hipótesis alterna	H <sub>1</sub> : diferencia_μ ≠ 0
RIEGO CONTINUO	14	1,9800	0,20770	0,05551	<b>Valor T</b>	<b>Valor p</b>
RIEGO RESTRINGIDO	14	1,7300	0,13074	0,03494	5,670	0,00

**Cuadro 60: Estadísticas descriptivas y prueba t Student de las diferencias de promedios de índice de hoja de morfotipos tolerantes**

Muestra	N	Estadísticas descriptivas			Prueba	
		Media	Desv.Est.	Desv. Error promedio	Hipótesis nula	H <sub>0</sub> : diferencia_μ = 0
					Hipótesis alterna	H <sub>1</sub> : diferencia_μ ≠ 0
RIEGO CONTINUO	12	1,8433	0,17505	0,05053	<b>Valor T</b>	<b>Valor p</b>
RIEGO RESTRINGIDO	12	1,9767	0,21689	0,06261	-3,070	0,01

### E. Efecto sobre el índice de foliolo terminal:

El cuadro 61 muestra la variación promedio general del índice de foliolo terminal de 27 morfotipos sometidos a riego continuo (RC) y riego restringido (RR), en dos momentos durante el crecimiento y desarrollo de las plantas.

**Cuadro 61: Variación del índice de foliolo terminal de los morfotipos en estudio**

MORFOTIPO BGR	60 DÍAS		80 DÍAS	
	RC	RR	RC	RR
273	1,99	1,77	2,10	2,03
116	2,48	2,28	2,28	2,38
27	2,39	2,07	2,36	2,41
21	1,74	2,00	1,59	1,96
21	1,58	1,68	1,74	1,66
muestra 77	1,95	1,97	1,78	1,98
169	1,92	2,01	1,79	1,99
muestra 104	2,49	2,45	2,83	2,46
236	2,16	2,33	2,21	2,24
23	2,07	2,41	1,99	2,21
298	1,82	1,72	1,81	1,73
61	2,12	2,06	1,89	1,66
200	2,36	2,57	2,88	2,46
296	2,10	2,55	2,31	2,24
238	2,12	2,25	2,22	2,27
130	2,17	2,03	1,94	2,22
241	2,20	2,12	2,06	2,28
104	2,26	2,31	1,87	2,11
19	2,28	2,36	2,22	2,23
122	2,14	2,04	2,03	1,70
21	2,10	2,21	1,91	1,93
192	2,39	2,21	2,21	2,22
17	2,27	2,17	2,02	2,39
20	1,87	2,00	1,99	1,97
170	2,31	1,57	2,10	2,31
140	2,22	2,04	2,12	2,26
318	2,18	2,45	2,04	2,29
<b>PROMEDIO</b>	<b>2,14</b>	<b>2,13</b>	<b>2,08</b>	<b>2,13</b>
	<b>2,14</b>		<b>2,11</b>	

**Cuadro 62: Estadísticas descriptivas para índice de foliolo terminal en morfotipos con RC y RR**

Muestra	N	Media	Desv. Est.	Desv. Error promedio
Riego continuo	27	2.08	0.2916	0.0561
Riego restringido	27	2.13	0.2431	0.0468

Como se aprecia a nivel de promedios de todos los morfotipos evaluados, no se mostraron diferencias importantes en las plantas con RC y RR, lo que parecería que la sequía no modifica el índice de foliolo terminal (Cuadro 62). Para comprobar la hipótesis, se realizó la prueba t de Student para muestras pareadas, evidenciando que con un nivel de significancia de 0.05, no hubieron diferencias significativas en los promedios (Cuadro 63).

### Cuadro 63: Prueba t de student para índice de foliolo terminal

Hipótesis nula	$H_0: \text{diferencia}_\mu = 0$
Hipótesis alterna	$H_1: \text{diferencia}_\mu \neq 0$
<b>Valor T</b>	<b>Valor p</b>
-1,18	0,248

Sin embargo, como en las características anteriores, los morfotipos tienen diferentes respuestas al estrés hídrico debido a su naturaleza genética. Es por ello, que mediante un histograma de diferencias de índices de foliolos terminales (Figura 26), se determinó que existen morfotipos donde esta característica morfológica fue mayor con RC que RR (plantas susceptibles) y también que existe otro grupo en los que el promedio fue mayor con RR que con RC (plantas resistentes) (Cuadro 66). Para ambos agrupamientos, se realizó una prueba t de Student para muestras pareadas, evidenciando que con un nivel de significación de 0.05, las diferencias fueron significativas (Cuadro 64, Cuadro 65).

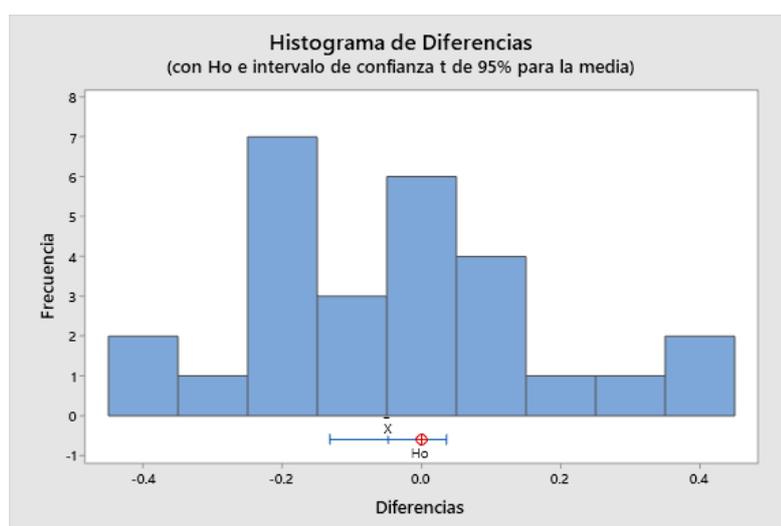


Figura 26: Histograma de diferencias para índice de foliolo terminal de morfotipos de papa

### Cuadro 64: Estadísticas descriptivas y prueba t Student de las diferencias de promedios de índice de foliolo terminal de morfotipos susceptibles

Estadísticas descriptivas					Prueba	
Muestra	N	Media	Desv. Est.	Desv. Error promedio	Hipótesis nula	$H_0: \text{diferencia}_\mu = 0$
					Hipótesis alterna	$H_1: \text{diferencia}_\mu \neq 0$
					<b>Valor T</b>	<b>Valor p</b>
RIEGO CONTINUO	10	2,1800	0,39590	0,12519		
RIEGO RESTRINGIDO	10	2,0140	0,32105	0,10520	3,340	0,009

**Cuadro 65: Estadísticas descriptivas y prueba t Student de las diferencias de promedios de índice de foliolo terminal de morfotipos tolerantes**

Estadísticas descriptivas					Prueba	
Muestra	N	Media	Desv.Est.	Desv. Error promedio	Hipótesis nula	H <sub>0</sub> : diferencia_μ = 0
					Hipótesis alterna	H <sub>1</sub> : diferencia_μ ≠ 0
RIEGO CONTINUO	17	2,0288	0,20152	0,04888	<b>Valor T</b>	<b>Valor p</b>
RIEGO RESTRINGIDO	17	2,2029	0,15434	0,03743	-6,210	0,000

**Cuadro 66: Morfotipos susceptibles y tolerantes según el índice de foliolo terminal**

Morfotipos susceptibles			
CLON	Índice de foliolo terminal		Diferencia
	CON RIEGO	SIN RIEGO	
168	2,88	2,46	0,42
104	2,83	2,46	0,37
220	2,03	1,70	0,33
153	1,89	1,66	0,23
148	1,81	1,73	0,08
59	1,74	1,66	0,08
171	2,31	2,24	0,07
1	2,10	2,03	0,07
242	1,99	1,97	0,02
219	2,22	2,23	0,00
<b>PROMEDIO</b>	<b>2,18</b>	<b>2,01</b>	
Morfotipos tolerantes			
CLON	Índice de foliolo terminal		Diferencia
	CON RIEGO	SIN RIEGO	
233	2,21	2,22	-0,01
221	1,91	1,93	-0,02
124	2,21	2,24	-0,03
18	2,36	2,41	-0,04
180	2,22	2,27	-0,05
6	2,28	2,38	-0,10
252	2,12	2,26	-0,13
77	1,78	1,98	-0,20
83	1,79	1,99	-0,20
243	2,10	2,31	-0,22
205	2,06	2,28	-0,22
139	1,99	2,21	-0,23
215	1,87	2,11	-0,24
263	2,04	2,29	-0,25
196	1,94	2,22	-0,29
28	1,59	1,96	-0,36
239	2,02	2,39	-0,37
<b>PROMEDIO</b>	<b>2,03</b>	<b>2,20</b>	

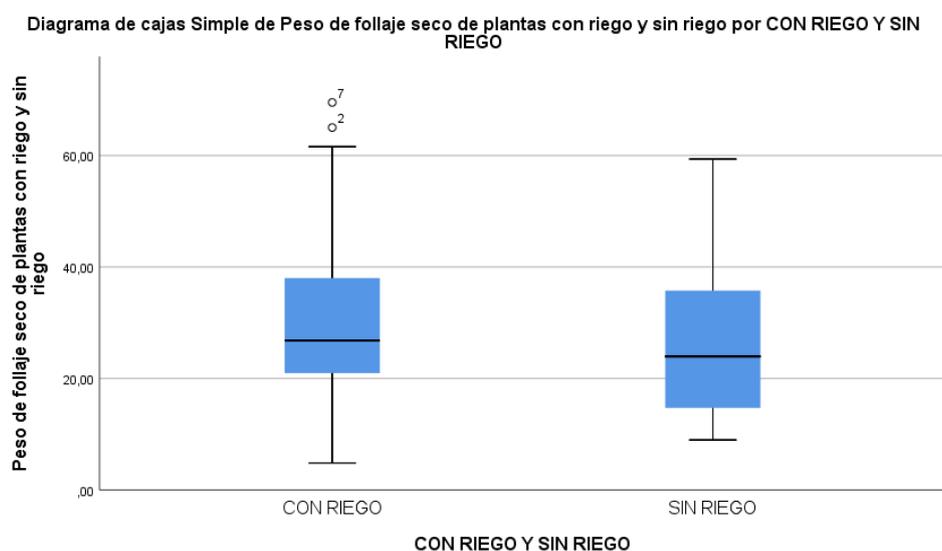
#### F. Efecto sobre el peso seco de follaje:

El cuadro Anexo 07 muestra el peso seco de follaje (g) promedio de 64 morfotipos bajo riego continuo y riego restringido evaluado a los 120 días después del trasplante. Se puede apreciar que en general existen diferencias del peso seco de follaje promedio de planta cuando estuvo con riego continuo y riego restringido. Para confirmarlo, se usó la prueba t de muestras pareadas confirmando con un nivel de significación de 0.05 que si existen diferencias significativas en los promedios teniendo las plantas un mayor peso seco de follaje promedio cuando fueron sometidas a condiciones de riego continuo (Cuadro 67).

Asimismo, el diagrama de cajas (Figura 27) muestra que los morfotipos con RC presentan valores mas elevados que los morfotipos bajo RR.

**Cuadro 67: Estadísticas descriptivas y prueba t Student de las diferencias de promedios del peso seco de follaje de morfotipos**

Muestra	N	Estadísticas descriptivas			Prueba	
		Media	Desv.Est.	Desv. Error promedio	Hipótesis nula Hipótesis alterna	H <sub>0</sub> : diferencia_μ = 0 H <sub>1</sub> : diferencia_μ ≠ 0
RIEGO CONTINUO	64	30,0998	14,06912	1,75864	<b>Valor T</b>	<b>Valor p</b>
RIEGO RESTRINGIDO	64	26,2802	12,62345	1,57793	2,780	0,007



**Figura 27: Diagrama de cajas de peso seco de follaje de morfotipos con RC y RR**

Por otra parte, mediante un histograma de diferencias (Figura 28) se encontró que existen morfotipos que bajo condiciones de RC presentan mayor peso seco de follaje que los sometidos a RR por lo que se les considera como susceptibles (Anexo 08). Asimismo, se determina otro grupo en donde esta medición fue mayor bajo estrés hídrico que en aquellos con riego continuo, siendo estos tolerantes (Anexo 09). Se realizó una prueba t de Student para muestras pareadas en ambos grupos evidenciando, que con un nivel de significación de 0.05, hubo alta diferencia significativa (Cuadro 68 y 69).

Las plantas consideradas tolerantes según el peso seco de follaje, cuando estuvieron sometidas a un régimen de estrés hídrico por sequía probablemente, interponían cambios en sus procesos metabólicos, fisiológicos, morfológicos y fenológicos que le permiten adaptarse tal y como lo planteado por Boyer en 1982.

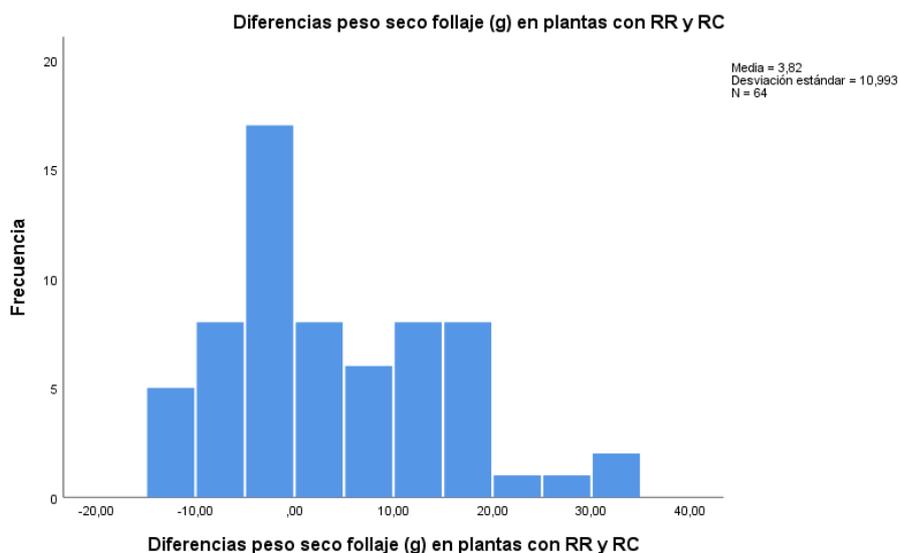


Figura 28: Histograma de diferencias para peso seco de follaje en morfitipos de papa

**Cuadro 68: Estadísticas descriptivas y prueba t Student de las diferencias de promedios del peso seco de follaje de morfitipos susceptibles**

Muestra	N	Estadísticas descriptivas			Prueba	
		Media	Desv.Est.	Desv. Error promedio	Hipótesis nula Hipótesis alterna	H <sub>0</sub> : diferencia_μ = 0 H <sub>1</sub> : diferencia_μ ≠ 0
RIEGO CONTINUO	27	37,2481	15,16731	2,91895	<b>Valor T</b>	<b>Valor p</b>
RIEGO RESTRINGIDO	27	22,7278	13,54516	2,60677	10,060	0,000

**Cuadro 69: Estadísticas descriptivas y prueba t Student de las diferencias de promedios del peso seco de follaje de morfitipos tolerantes**

Muestra	N	Estadísticas descriptivas			Prueba	
		Media	Desv.Est.	Desv. Error promedio	Hipótesis nula Hipótesis alterna	H <sub>0</sub> : diferencia_μ = 0 H <sub>1</sub> : diferencia_μ ≠ 0
RIEGO CONTINUO	18	23,4033	11,80159	2,78166	<b>Valor T</b>	<b>Valor p</b>
RIEGO RESTRINGIDO	18	31,2267	12,40809	2,92461	-9,200	0,000

## G. Grado de estrés

El cuadro Anexo 10 muestra los resultados de la evaluación del grado de estrés en las morfitipos bajo condiciones de riego restringido en cuatro oportunidades durante el crecimiento y desarrollo de las plantas. Como se ha mencionado, se establecieron siete periodos de sequía de 5 a 6 días cada uno. A partir de ello, la primera evaluación de grado de estrés (82 días después del trasplante) se desarrolló durante el cuarto periodo de sequía

y en el cuarto día sin riego. En esta evaluación nueve morfotipos (cuadro 70), presentaron grado de estrés entre 1 y 2 considerados bajos y con cierta tolerancia en comparación con los otros morfotipos que evidenciaron síntomas de estrés marcado (grados 3, 4 o 5).

La evaluación a los 89 días después del trasplante se desarrolló en el quinto día con riego restringido. Se espera que la mayoría o la totalidad de morfotipos muestren síntomas marcados de estrés. Sin embargo, los morfotipos que se presentan en el cuadro 71, evidenciaron solamente síntomas en la zona basal de la planta (Grado 2), considerado como bajo mostrando cierta tolerancia. Las evaluaciones a los 95 y 96 días se realizaron al quinto día sin riego del último periodo de sequía y al día siguiente después del riego de recuperación. A partir de los resultados, se identificaron los morfotipos que evidenciaron una recuperación marcada y que se presentan en el cuadro 72.

**Cuadro 70: Morfotipos sin síntomas de estrés (grado 1) o con síntomas en la zona basal (grado 2) a los 82 días después del trasplante**

<b>MORFOTIPO BGR</b>	<b>GRADO DE ESTRÉS</b>
muestra 241	1
21	2
298	2
61	2
91	2
19	2
122	2
192	2
318	2

**Cuadro 71: Morfotipos con síntomas de estrés en la zona basal (grado 2) a los 89 días después del trasplante**

<b>MORFOTIPO BGR</b>	<b>GRADO DE ESTRÉS</b>
116	2
84	2
69	2
21	2
79	2
43	2
307	2
298	2
61	2
247	2
91	2
104	2
122	2
192	2
muestra 241	2
312	2

**Cuadro 72: Morfotipos con marcada capacidad de recuperación después del riego**

<b>MORFOTIPO BGR</b>	<b>GRADO DE ESTRÉS</b>	<b>GRADO DE RECUPERACIÓN</b>
<b>Morfotipo BGR</b>	<b>Grado de estrés</b>	<b>Grado de recuperación</b>
116	5	3
226	4	3
84	5	3
69	4	3
21	3	2
23 (muestra 46)	4	3
79	3	2
103	4	3
222	5	3
21	5	3
307	5	3
Muestra 77	5	3
169	4	3
Muestra 104	4	3
143	5	4
23	5	3
141	5	4
23	4	3
200	4	3
296	5	3
Muestra 173	5	4
247	3	2
91	5	4
19	4	3
122	4	3
40	5	4
20	4	3
88	4	2
147	4	3
155	4	3
140	5	4
318	5	3
39	4	3
46	4	3
256	3	2

#### 4.2.3 Efecto sobre el rendimiento de tubérculos

##### A. Peso y número de tubérculos por planta

El cuadro anexo 11 muestra el peso y número de los tubérculos promedio de cada morfotipo con riego continuo y riego restringido evaluados durante la cosecha realizada a los 120 días después del trasplante. Los promedios del número de tubérculos por planta de todos los morfotipos evaluados en condiciones de RC y RR (Cuadro 75), indican que

no son estadísticamente diferentes (Cuadro 73); sin embargo, dentro de ellos se presentaron morfotipos que en condiciones de RR presentaron mayor número. Por otra parte, en condiciones de RR el promedio de rendimiento de tubérculos por planta de todos los morfotipos es 25.5% menor como consecuencia de la sequía (Cuadro 74); sin embargo 17 morfotipos (28.3% del total) presentaron mayor rendimiento en RR respecto a sus contrapartes clonales bajo RC.

**Cuadro 73: Estadísticas descriptivas y prueba t de Student de las diferencias de promedios del número de tuberculos/plta en morfotipos con RC Y RR**

Muestra	Estadísticas descriptivas				Prueba	
	N	Media	Desv.Est.	Desv. Error promedio	Hipótesis nula	H <sub>0</sub> : diferencia_μ = 0
					Hipótesis alterna	H <sub>1</sub> : diferencia_μ ≠ 0
Riego continuo	60	11,9300	7,64158	0,98652	<b>Valor T</b>	<b>Valor p</b>
Riego restringido	60	10,3938	6,09971	0,78747	1,970	0,053

**Cuadro 74: Estadísticas descriptivas y prueba t de Student de las diferencias de promedios del peso de tuberculos/plta en morfotipos con RC Y RR**

Muestra	Estadísticas descriptivas				Prueba	
	N	Media	Desv.Est.	Desv. Error promedio	Hipótesis nula	H <sub>0</sub> : diferencia_μ = 0
					Hipótesis alterna	H <sub>1</sub> : diferencia_μ ≠ 0
Riego continuo	60	115,1817	74,36554	9,60055	<b>Valor T</b>	<b>Valor p</b>
Riego restringido	60	85,7650	58,21896	7,51604	3,850	0,000

Se conoce que las plantas oponen ciertas reacciones en condiciones de déficit de agua y la respuesta inmediata es el cierre de estomas; el cierre prolongado de estomas reduce el ingreso de CO<sub>2</sub> y, de esta manera, se reduce la actividad fotosintética que finalmente, reduce el rendimiento de tubérculos como en aquellos considerados susceptibles en esta sección. La adaptación de los morfotipos de papas nativas a las condiciones pluviales alto andinas, una probable susceptibilidad a los excesos de agua de riego en los morfotipos con menor rendimiento en condiciones de RC, y mecanismos de compensación fisiológica pueden explicar que algunos morfotipos nativos son capaces de presentar mayor rendimiento aún bajo RR.

**Cuadro 75: Promedios y significación estadística de las diferencias de características de plantas de papas nativas crecidas en condiciones de riego continuo (RC) y riego restringido (RR)**

Características	Morfotipos	n	Promedios		Significación
			RC <sup>1</sup>	RR <sup>2</sup>	
Número de tubérculos	Todos	60	11.93	10.39	ns
	Susceptibles	28	15.53	8.77	**
	Tolerantes	17	8.06	13.80	**
Peso fresco de tubérculos	Todos	60	115.18	85.77	**
	Susceptibles	39	143.00	78.30	**
	Tolerantes	17	63.5	107.7	**

**Cuadro 76: Correlaciones entre características en los morfotipos con Riego Continuo (RC)**

	Altura de planta	Grosor de tallo	Longitud de entrenudos	Índice de Hoja	Índice de foliolo Terminal	Peso seco de Follaje	Peso de tubérculos
<b>Grosor tallo</b>	0.55 (**)						
<b>Long. entrenudos</b>	0.25 (ns)	0.48 (*)					
<b>Índice Hoja</b>	-0.10 (ns)	0.13 (ns)	0.01 (ns)				
<b>Ind. Fol Terminal</b>	0.19 (ns)	-0.30 (ns)	-0.32 (ns)	-0.26 (ns)			
<b>PS Follaje</b>	0.29 (ns)	-0.12 (ns)	-0.04 (ns)	-0.11 (ns)	-0.08 (ns)		
<b>Peso tubérculos</b>	0.16 (ns)	0.26 (ns)	0.27 (ns)	-0.06 (ns)	-0.21 (ns)	-0.34 (ns)	
<b>N° de tubérculos</b>	0.14 (ns)	0.06 (ns)	0.20 (ns)	-0.49 (*)	-0.05 (ns)	-0.01 (ns)	0.59 (**)

**Cuadro 77: Correlaciones entre características en los morfotipos con Riego Restringido (RR)**

	Altura de planta	Grosor de tallo	Longitud de entrenudos	Índice de Hoja	Índice de foliolo Terminal	Peso seco de Follaje	Peso de tubérculos
<b>Grosor tallo</b>	0.55 (**)						
<b>Long. entrenudos</b>	0.16(ns)	0.18 (ns)					
<b>Índice Hoja</b>	-0.16 (ns)	-0.28 (ns)	-0.20 (ns)				
<b>Ind. Fol Terminal</b>	-0.04 (ns)	-0.17 (ns)	-0.38 (ns)	-0.03 (ns)			
<b>PS Follaje</b>	-0.04 (ns)	-0.19 (ns)	-0.05 (ns)	0.06 (ns)	-0.06 (ns)		
<b>Peso tubérculos</b>	0.06 (ns)	0.34 (ns)	0.16 (ns)	-0.27 (ns)	-0.22 (ns)	-0.32 (ns)	
<b>N° de tubérculos</b>	0.06 (ns)	0.41 (ns)	0.08 (ns)	-0.21 (ns)	-0.05 (ns)	-0.35 (ns)	0.88 (**)

Los coeficientes de correlación de Pearson entre todas las características de las plantas sometidas tanto a RC (Cuadro 76) como a RR (Cuadro 77) fueron altamente significativos entre la altura y el grosor del tallo y entre el número de tubérculos y el peso de los mismos. De acuerdo a los resultados, es posible afirmar que la relación significativa entre las plantas con mayor porte y tallos más gruesos sean adaptaciones morfológicas para mantener la planta erguida. De la misma manera, debido a la amplia variación que presentan las características dentro del total de morfotipos, es posible afirmar que no siempre el mayor porte de las plantas se debe a una mayor longitud de entrenudos y que no siempre el mayor porte de plantas resulta en un mayor peso seco de follaje.

Las correlaciones no significativas entre las seis características de las plantas con las dos características del rendimiento (número y peso de tubérculos), confirman las evidencias que sugieren que en condiciones de estreses abióticos, las respuestas morfológicas y fisiológicas que interpone el follaje de las plantas son diferentes a las de tuberización. Las correlaciones grosor de tallos - longitud de entrenudos e Índice de hoja - número de tubérculos que fueron significativas solamente en las plantas bajo RC requieren mayor verificación biológica.

La tolerancia de los morfotipos es atribuido a mecanismos de resistencia por evasión que por el que las plantas interponen una barrera de defensa reduciendo los daños del estrés (Sevilla y Holle, 2004; Gonzales, 1999). Adicionalmente, dado de que al finalizar un ciclo de RR, se realizaron riegos a las plantas bajo estrés, se habrían expresado mecanismos de reparación y recuperación como lo planteado por Equeneyaque (1994).

Entre el grupo de morfotipos de papa nativa considerados como tolerantes por presentar mayor número y peso de tubérculos en condiciones de RR, destacan el BGR 19 (‘Rayhuana’) que además no redujo su porte de planta, índices de hoja, de foliolo terminal y peso seco de follaje; el BGR 238 (‘Muru huayro’) que además no redujo sus índices de hoja ni peso seco de follaje; el BGR 170 (‘Yana utcush’), que no redujo su grosor de tallos ni la longitud de entrenudos y el BGR 99 (‘Yuracc ñahui hualash’) que no redujo su porte ni peso seco de follaje.

## V. CONCLUSIONES

- Las plantas de papas nativas procedentes de esquejes de brotes presentan marcada susceptibilidad a las condiciones de alta temperatura.
- El morfotipo Yuracc piña (BGR 254) mostró resistencia frente al calor al tener similar altura de planta, longitud de entrenudos, grado de ramificación y disectividad de hojas con plantas crecidas en la Sierra. De la misma manera, el morfotipo Wacash (BGR 285) al tener similar altura de planta, longitud de entrenudos y grosor de tallo muestra cierta tolerancia.
- Niveles altos de temperatura en costa central inducen a una mayor incidencia de plagas (*Epitrix spp*, *Prodiplosis longifila* y *Agrotis ipsilon*) y enfermedades (*Rizoctonia solani*).
- La comparación de promedios en características de morfotipos que suman una amplia base genética, puede demostrar que las condiciones de estrés por sequía no afectan el porte de plantas, longitud de entrenudos, índices de hoja, de foliolo terminal ni el número de tubérculos por planta.
- El grosor de tallos, el peso seco del follaje y el peso fresco de tubérculos puede ser significativamente disminuido aun cuando se realizan comparaciones entre morfotipos nativos que suman amplia base genética.
- En todas las características de la planta y del rendimiento de tubérculos, es posible encontrar morfotipos nativos que demuestran reacción de tolerancia al estrés de sequía.
- Los morfotipos 'Rayhuana', 'Muru huayro', 'Yana utcush' y 'Yuracc ñahui hualash', cultivados en la región Huánuco, Perú, presentaron respuestas en plantas y tubérculos que los identifica como tolerantes a la sequía y como recursos genéticos promisorios para nuevos estudios.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Realizar otros experimentos y estudios relacionados al calor y a la sequía en plantas de papa nativa provenientes de la propagación asexual por tubérculos.
- No realizar trasplante de esquejes de papa nativa en campo bajo condiciones de alta temperatura.
- Ampliar las pruebas de reacción a estreses climáticos de los otros numerosos morfotipos de papas nativas que se cultivan en diferentes regiones del Perú.
- Ampliar las pruebas de reacción a estreses climáticos de los morfotipos identificados como tolerantes en la presente investigación.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alonso, F. 1996. El cultivo de patata. Ediciones Mundi Prensa. Madrid- España. Pp. 13-31.
2. Aranda, I; Peguero – Pina, J; Vilagrosa, A; Gil-Pelegrín, E. 2005. El continuo suelo-planta-atmósfera como un modelo integrador de la ecofisiología forestal. Consultado el 5 Enero 2019. Disponible en [http://www.inia.es/gcontrec/pub/GIL-ARANDA-PEGUERO-VILAGROSA\\_\(SRF14-3\)\\_1162282824390.pdf](http://www.inia.es/gcontrec/pub/GIL-ARANDA-PEGUERO-VILAGROSA_(SRF14-3)_1162282824390.pdf)
3. Boyer, J.S. 1982. Plant productivity and environment. Science. Pp. 218; 443-448.
4. Calderón, A. 1988. Efecto de dos microclimas contrastantes en la composición bioquímica de los tubérculos de diez genotipos de papa. Tesis Grado M. Sc. Biólogo. Lima – Perú. UNALM.
5. Carlos, R. 2016. Caracterización morfológica y biometría de hojas y flores de papas nativas (*Solanum sp.*) cultivadas en la región Pasco. Tesis Ing. Agr. Lima-Perú. UNALM.
6. IV Censo Nacional Agropecuario 2012 INEI. Resultados definitivos. Consultado el 12 Nov 2018. Disponible en <http://proyectos.inei.gob.pe/web/DocumentosPublicos/ResultadosFinalesIVCENAGRO.pdf>
7. Chimentic. 2005. Déficit hídrico. Relación agua, suelo, planta, atmosfera. Consultado el 20 Dic 2018. Disponible en <http://www.agro.uba.ar/carreras/jardineria/materias/fisio/deficit.pdf>
8. Clifford, R. y Taylor, R. 2008. Bioestadística. Pearson Educación. Ciudad de México, México.
9. Cobo, E., Muñoz, P. y González, J. 2007. Bioestadística para no estadísticos. Bases para interpretar artículos científicos. Elviesier Masson. Madrid, España.

10. Domínguez, A. 2008. Análisis comparativo de la respuesta fisiológica de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad “Única” bajo condiciones de estrés hídrico mediante un manejo nutricional diferenciado. Tesis Grado M. Sc. Lima-Perú. UNALM.
11. Durand, M. 2012. Descripción morfológica y fisio-agronómica de cultivares de papa nativa (*Solanum spp.*) colectadas en el centro poblado de Pomamanta, Comas, Junín. Tesis Grado M. Sc. en Producción Agrícola. Lima – Perú. UNALM.
12. Egúsquiza, R. 2014. La papa en el Perú. 2da edición. Lima- Perú. Pp 14 y 61.
13. Ekanayake, IJ. 1994. Estudios sobre el estrés por sequía y necesidades de riego de la papa. CIP. Lima- Perú.
14. Fabian, G. 2020. Morfología, crecimiento y producción de papas nativas por efecto del calor en condiciones de verano de la costa central. Tesis Ing. Agr. en proceso. Lima – Perú. UNALM.
15. García, J. 1994. Principios físicos de la climatología. Universidad Nacional Agraria La Molina. Ediciones UNALM. Pp. 244.
16. Giraldéz, L. 2009. Influencia de la temperatura, precipitación y fotoperiodo en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) var Canchan y Yungay en los distritos del Tambo y el Mantaro, Jauja-Perú. Tesis Ing. Agr. Univ. Nacional del Centro del Perú.
17. Gonzales, J. 1999. Ecofisiología y morfología del estrés debido a factores adversos, en: I Curso Internacional sobre fisiología de la resistencia a sequía en quinua (*Chenopodium quinoa* willd.) Centro Internacional de la papa (CIP). Lima, Perú.
18. Gutiérrez, O. 2008. Papas nativas desafiando al cambio climático: Propuesta de adaptación tecnológica del cultivo de papas nativas frente al cambio climático en Cusco y Ancash. Soluciones prácticas -ITDG. Perú.
19. Guzmán, F. 2013. Evaluación del impacto del cambio climático en el cultivo de café en la cuenca alta del río Sisa, provincia de Lamas (distrito Alonso de Alvarado) y El

Dorado (distrito San Martín de Alao), región San Martín. Tesis Grado M. Sc. Lima-Perú. UNALM.

20. Harris, P.M. 1978. The potato crop: The scientific Basic for improvement. Ed. Chapman and Hall, London pp. 197-241

21. Holman, JP. 1999. Transferencia de calor. Ed. Continental S.A. México.

22. Howarth, C. 2005. Genetic improvements of tolerance to high temperature. In: Ashraf, M., Harris, P.J.C. (Eds.), Abiotic Stresses: Plant Resistance Through Breeding and Molecular Approaches. Press Inc., New York.

23. INIAP. 2014. Las papas nativas y su importancia en la salud y alimentación. Consultado 20 Mayo 2018. Disponible en [http://www.iniap.gob.ec/nsite/index.php?option=com\\_content&view=article&id=658:las-papas-nativas-y-su-importancia-en-la-salud-y-la-alimentacion&catid=97&itemid=208](http://www.iniap.gob.ec/nsite/index.php?option=com_content&view=article&id=658:las-papas-nativas-y-su-importancia-en-la-salud-y-la-alimentacion&catid=97&itemid=208).

24. IPCC. (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático), 2001. Tercer Informe de Evaluación de Cambio Climático 2001. Mitigación. PNUMA.

25. IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza.

26. IPCC, 2013. Climate Change 2013.

27. Jones, L. et al 1922. Bulletin Wisconsin, Agric. Exp. Station n 53.

28. Knut, V. 1914. Efecto de los factores meteorológicos sobre el rendimiento de papa. En: Economía agrícola. Barcelona, Salvat editores. pp. 338-339.

- 29.** Kramer, P. 1969. Plant and Soil water relationships: A modern synthesis. Mc Graw Hill, New York.
- 30.** Kramer, P. 1975. Fifty years of progress in water relation research. *Plant Physiol.* 54. Pp 463-471.
- 31.** Kramer, P. 1980. Drought stress and the origin of adaptation, En: "Adaptation of plants to water and high temperature stress". N. Turner y P. Kramer. Ed. New York. Wiley.
- 32.** Larcher, W. 1977. *Ecofisiología vegetal*. Ed. Omega. Barcelona.
- 33.** Larcher, W. 2003 *Physiological Plant Ecology: Ecophysiology and Stress Physiology of functional groups*. 4th Edition, Springer, New York.
- 34.** Levitt, J. 1980. *Responses of Plant to Environmental Stress*. Vol. I. Chilling., Freezing and High Temperature Stresses. Academic Press.
- 35.** Loayza, D. 1993. Evaluación de 2 tipos de Mulch en los regímenes de humedad, temperatura del suelo y el rendimiento del cultivo de la papa *Solanum tuberosum* L. Var. Tomasa Condemayta. Tesis Ing. Meteorólogo. Lima – Perú. UNALM.
- 36.** Mamani, P. 1993. Comportamiento morfológico y fisiológico de dos clones de papa sometidos a estrés hídrico por sequía. Tesis Grado M. Sc. Lima-Perú. UNALM.
- 37.** Mamani, P. 2000. Effect de la secheresse sur six variétés de pomme de terre dans les andes bolivienses. Tesis, Université Catholique de Louvain, Faculte des Sciences Agronomiques, Bélgica, 430.
- 38.** Manrique, JA. 2001. *Termodinámica*. Tercera Edición Alfaomega. México.
- 39.** Martínez y Huamán, C.A. 1988. Expresiones metabólicas de resistencia a la sequía en dos clones de papa sometidos a estrés hídrico. Tesis Grado M. Sc. Lima-Perú. UNALM.

- 40.** Mendoza, A. 2000. Estimación de componentes de variancia genética en poblaciones de mejoramiento de papa para tolerancia al calor y precocidad. Tesis Grado M. Sc. Lima-Perú. UNALM.
- 41.** Mendoza, H y R. Estrada. 1979. Screening potatoes for tolerance to stress: heat and frost. En: stress physiology in crop plants. Edit por H. Mussell y R. Staples. John Wiley & sons U.S.A. pp 227-262
- 42.** MINAG. 2014. Papa. Consultado 20 Sep. 2018. Disponible en <http://www.minag.gob.pe/portal/sector-agrario/agricola/cultivos-de-importancia-nacional/papa>
- 43.** MINAM (Ministerio del Ambiente). 2010. Segunda Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Ed. MINAM. Lima, MINAM. 197 p.
- 44.** Moorby, J. 1970. The production, storage and translocation of carbohydrates in developing potato plants. Ann Bot. 34. Pp 297-308.
- 45.** Nelson, G; Rosegrant, M. 2009. Cambio climático: el impacto en la agricultura y los costos de adaptación. Washington.
- 46.** Ordoñez, C. 2016. Efecto del cambio climático en la evapotranspiración y rendimiento del cultivo de papa, variedad única bajo condiciones de la molina. Tesis Ing. Agrícola. Lima-Perú. UNALM.
- 47.** Prado, F. 1999. Fisiología y bioquímica del estrés: Respuesta de las plantas al ambiente. en: I Curso Internacional sobre fisiología de la resistencia a sequía en quinua (*Chenopodium quinoa* willd.) Centro Internacional de la papa (CIP). Lima, Perú.
- 48.** Quevedo, J.M. 1977. Influencia de los parámetros meteorológicos en los eventos fenológicos de la papa var. Cuzco. Tesis Ing. Agr. Lima-Perú. UNALM.

- 49.** Ramos, C. 2010. Efectos del cambio climático en la agricultura. Colección set 2010 v24 p 38-42 Lima Perú.
- 50.** Sabogal. 2017. Bosques y cambio climático en el Perú. Inte PUCP Lima-Perú. pp 13-49.
- 51.** Salter, P y Goode, J. 1967. Crop responses to water at different stages of growth. Commonwealth agric. bureaux, research review 2, the potato crop. Edit por P. Harris. Chapman y Hall, London 1978. pp 198.
- 52.** Saravia, D. 2011. Tolerancia a sequía y eficiencia de uso del nitrógeno en cuatro clones de papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo condiciones de Huancayo, Junín. Tesis Ing. Agr. Lima – Perú. UNALM.
- 53.** Sevilla R & Holle M. 2004. Recursos Genéticos Vegetales. Ed. Torre Azul. Lima, Perú.
- 54.** Taiz, L. Zeiger, E.1998. Stress physiology. Plant physiology 2nd ed.1998. pp.725-758
- 55.** Kramer, P. Turner, N. 1980. Drought stress and the origin of adaptaton, en: “Adaptation of plants to water and high temperature stress”. Ed. New York. Wiley.
- 56.** Velásquez, V. 2011. Efectos del cambio climático en el sector primario de dos especies de importancia económica para el estado de México. Tesis de Ingeniería Geógrafa. Universidad Nacional Autónoma de Mexico.83p.

## VIII. ANEXOS

**Anexo 1: Porcentaje de sobrevivencia de los morfotipos en estudio**

MUESTRA	MORFOTIPO BGR	SOBREVIVENCIA (%)			MUESTRA	MORFOTIPO BGR	SOBREVIVENCIA (%)		
		27 DÍAS	41 DÍAS	55 DÍAS			27 DÍAS	41 DÍAS	55 DÍAS
318	muestra	100,00	100,00	100,00	286	81	40,00	0,00	0,00
296	254	80,00	80,00	80,00	297	81	20,00	0,00	0,00
327	49	80,00	80,00	80,00	301	muestra	0,00	0,00	0,00
397	254	80,00	80,00	80,00	305	muestra	20,00	0,00	0,00
546	254	100,00	100,00	80,00	310	50	40,00	40,00	0,00
278	1	100,00	100,00	60,00	330	muestra	80,00	20,00	0,00
415	185	100,00	80,00	60,00	336	44	20,00	20,00	0,00
455	muestra	80,00	80,00	60,00	339	145	80,00	60,00	0,00
475	247	100,00	80,00	60,00	340	136	40,00	40,00	0,00
518	306	100,00	80,00	60,00	352	290	0,00	0,00	0,00
536	238	100,00	80,00	60,00	357	muestra	40,00	20,00	0,00
551	100	60,00	60,00	60,00	366	95	60,00	60,00	0,00
281	62	80,00	60,00	40,00	377	70	60,00	40,00	0,00
364	138	60,00	40,00	40,00	391	326	60,00	20,00	0,00
430	120	80,00	60,00	40,00	400	275	60,00	20,00	0,00
438	muestra	80,00	40,00	40,00	408	231	0,00	0,00	0,00
449	319	80,00	80,00	40,00	408	231	0,00	0,00	0,00
462	325	80,00	40,00	40,00	409	muestra	60,00	60,00	0,00
512	295	80,00	60,00	40,00	410	190	60,00	60,00	0,00
542	45	100,00	80,00	40,00	411	190	60,00	40,00	0,00
548	215	100,00	60,00	40,00	412	242	40,00	0,00	0,00
561	130	40,00	40,00	40,00	413	269	60,00	60,00	0,00
570	muestra	80,00	80,00	40,00	416	230	60,00	20,00	0,00
293	6	20,00	20,00	20,00	418	muestra	40,00	0,00	0,00
295	81	100,00	60,00	20,00	428	194	0,00	0,00	0,00
302	10	40,00	20,00	20,00	432	muestra	20,00	0,00	0,00
307	228	80,00	60,00	20,00	441	230	60,00	20,00	0,00
313	muestra	20,00	20,00	20,00	444	224	40,00	20,00	0,00
322	317	20,00	20,00	20,00	448	319	40,00	20,00	0,00
323	muestra	20,00	20,00	20,00	450	283	0,00	0,00	0,00
370	muestra	60,00	40,00	20,00	459	256	60,00	0,00	0,00
379	82	80,00	60,00	20,00	460	muestra	40,00	20,00	0,00
387	136	80,00	60,00	20,00	470	290	20,00	20,00	0,00
393	70	100,00	80,00	20,00	474	211	40,00	20,00	0,00
403	muestra	100,00	80,00	20,00	488	269	20,00	0,00	0,00
414	240	60,00	20,00	20,00	489	muestra	40,00	40,00	0,00
425	19	80,00	40,00	20,00	496	300	60,00	40,00	0,00
445	muestra	80,00	40,00	20,00	508	311	20,00	20,00	0,00
465	310	20,00	20,00	20,00	513	326	60,00	60,00	0,00
472	205	40,00	40,00	20,00	514	muestra	40,00	40,00	0,00
480	296	100,00	40,00	20,00	519	199	20,00	0,00	0,00
485	200	60,00	20,00	20,00	521	muestra	0,00	0,00	0,00
487	277	40,00	20,00	20,00	525	320	60,00	60,00	0,00
526	247	80,00	40,00	20,00	538	muestra	60,00	40,00	0,00
528	220	40,00	20,00	20,00	540	165	60,00	0,00	0,00
535	285	60,00	20,00	20,00	549	195	0,00	0,00	0,00
550	24	20,00	20,00	20,00	563	245	20,00	0,00	0,00
562	139	100,00	40,00	20,00	564	5	0,00	0,00	0,00
280	13	0,00	0,00	0,00					
284	9	20,00	20,00	0,00					
						<b>PROMEDIO</b>	<b>53,47</b>	<b>36,53</b>	<b>18,16</b>

## Anexo 2: Altura de planta (cm) de los morfotipos en estudio

MUESTRA	MORFOTIPO	BGR	27 DÍAS	41 DÍAS	55 DÍAS	MUESTRA	MORFOTIPO	BGR	27 DÍAS	41 DÍAS	55 DÍAS
387	136		24,50	37,67	53,00	513	326		24,67	25,00	0,00
397	254		25,00	38,25	48,75	400	275		16,33	33,00	0,00
535	285		13,00	39,00	48,00	496	300		14,00	35,00	0,00
487	277		14,00	15,00	47,00	444	224		27,00	21,00	0,00
542	45		23,00	32,75	45,00	339	145		18,25	29,67	0,00
393	70		13,80	25,50	45,00	460	muestra		19,50	28,00	0,00
512	295		22,00	33,33	44,50	336	44		19,00	28,00	0,00
307	228		27,00	29,00	44,00	508	311		15,00	32,00	0,00
551	100		23,00	29,67	44,00	489	muestra		19,50	27,00	0,00
313	muestra		16,00	29,00	44,00	284	9		23,00	23,00	0,00
318	muestra		21,80	37,20	43,00	514	muestra		21,00	23,50	0,00
561	130		20,50	34,50	42,50	411	190		17,67	23,50	0,00
455	muestra		17,50	31,25	42,00	377	70		14,00	27,00	0,00
536	238		20,20	31,50	41,00	403	muestra		17,40	22,50	0,00
548	215		18,75	31,67	40,50	465	310		16,00	23,00	0,00
425	19		10,00	17,00	40,00	538	muestra		17,00	21,50	0,00
310	50		31,50	35,00	39,00	413	269		16,00	22,33	0,00
570	muestra		14,25	25,00	39,00	330	muestra		18,00	20,00	0,00
562	139		17,60	28,50	38,00	432	muestra		13,00	25,00	0,00
462	325		26,75	34,50	37,50	474	211		13,50	24,00	0,00
546	254		22,60	33,80	36,50	410	190		16,33	18,00	0,00
278	muestra		15,60	24,40	36,33	550	24		11,00	23,00	0,00
449	319		24,25	27,75	36,00	409	muestra		15,33	18,00	0,00
438	muestra		20,50	33,50	35,50	416	230		14,33	19,00	0,00
296	254		19,00	32,50	35,25	357	muestra		13,00	17,00	0,00
293	6		24,00	40,00	34,00	488	269		20,00	0,00	0,00
322	317		29,00	48,00	33,00	519	199		19,00	0,00	0,00
414	240		19,00	38,00	33,00	448	319		18,50	0,00	0,00
415	185		13,60	27,00	32,67	540	165		17,67	0,00	0,00
518	306		15,40	23,25	32,33	459	256		17,00	0,00	0,00
445	muestra		21,50	27,00	30,00	418	muestra		16,50	0,00	0,00
281	62		19,25	24,00	29,50	563	245		16,00	0,00	0,00
327	49		20,00	34,75	28,25	286	81		14,00	0,00	0,00
379	82		17,25	22,33	28,00	412	242		13,00	0,00	0,00
480	296		16,00	22,00	28,00	297	81		12,00	0,00	0,00
370	muestra		17,33	18,00	28,00	441	230		11,33	0,00	0,00
295	81		15,60	20,67	26,00	305	muestra		7,00	0,00	0,00
323	muestra		16,00	19,00	26,00	280	13		0,00	0,00	0,00
475	247		15,40	24,75	25,00	301	muestra		0,00	0,00	0,00
485	200		13,67	24,00	25,00	352	290		0,00	0,00	0,00
302	10		10,50	18,00	25,00	408	231		0,00	0,00	0,00
472	205		22,00	25,50	24,00	408	231		0,00	0,00	0,00
430	120		12,75	19,33	23,50	428	194		0,00	0,00	0,00
364	138		13,00	19,00	21,00	450	283		0,00	0,00	0,00
526	247		15,75	22,50	20,00	521	muestra		0,00	0,00	0,00
528	220		19,00	20,00	19,00	549	195		0,00	0,00	0,00
340	136		21,00	33,00	0,00	564	5		0,00	0,00	0,00
470	290		20,00	34,00	0,00	340	136		21,00	33,00	0,00
525	320		26,33	27,67	0,00	470	290		20,00	34,00	0,00
366	95		27,67	23,00	0,00	525	320		26,33	27,67	0,00
391	326		23,67	27,00	0,00		<b>PROMEDIO</b>		<b>18,43</b>	<b>27,25</b>	<b>35,14</b>

**Anexo 3: Grosor de tallo (mm) y longitud de entrenudos (cm) de los morfotipos en estudio**

MUESTRA	MORFOTIPO BGR	GROSOR DE TALLO (mm) LONG ENTRENUDOS (cm)	
		60 DÍAS	
278	1	5,43	3,29
293	6	4,90	2,78
302	10	2,70	1,82
542	45	4,60	3,11
327	49	3,00	2,88
310	50	4,15	2,71
281	62	3,80	2,96
393	70	5,00	3,20
295	81	3,70	1,97
379	82	2,40	1,57
551	100	3,93	2,53
430	120	2,65	2,82
561	130	3,70	2,63
387	136	5,57	2,44
562	139	6,60	4,66
415	185	3,68	2,58
485	200	2,40	1,00
472	205	2,70	2,27
548	215	4,85	2,72
528	220	2,80	1,15
307	228	2,00	2,90
536	238	5,20	4,48
414	240	3,20	0,40
475	247	3,00	2,20
526	247	3,00	1,30
296	254	4,22	3,51
397	254	3,06	3,14
546	254	3,35	2,37
487	277	4,20	2,83
535	285	8,00	5,70
512	295	3,30	3,53
518	306	3,30	2,43
322	317	4,00	3,96
449	319	4,70	3,75
462	325	3,00	1,80
318	muestra	3,90	4,69
323	muestra	3,70	3,86
438	muestra	3,40	3,01
455	muestra	3,73	2,79
570	muestra	6,60	2,63
370	muestra	2,50	1,58
<b>PROMEDIO</b>		<b>3,90</b>	<b>2,78</b>

**Anexo 4: Índice de hoja (largo/ancho) e índice de foliolo terminal (largo/ancho) de los morfotipos en estudio**

MUESTRA	MORFOTIPO BGR	IND HOJA	IND FOLIOL TERM
		60 DÍAS	
278	1	2,13	1,96
293	6	2,21	2,00
302	10	2,87	1,97
542	45	2,65	1,57
327	49	4,51	1,56
310	50	1,59	1,26
281	62	3,12	2,06
393	70	2,03	1,76
295	81	1,77	1,46
379	82	1,80	2,17
551	100	2,30	1,54
430	120	2,00	1,68
561	130	3,42	1,81
387	136	2,71	1,45
562	139	2,39	1,74
415	185	1,98	2,33
485	200	1,74	1,18
472	205	3,22	1,88
548	215	3,07	1,46
307	228	1,30	1,02
536	238	2,95	1,98
414	240	2,23	1,77
526	247	2,97	2,26
475	247	2,63	1,42
296	254	3,24	1,92
397	254	2,12	1,86
546	254	1,65	1,54
487	277	3,26	1,97
512	295	2,08	2,11
518	306	2,31	1,40
322	317	2,24	1,65
449	319	2,23	1,81
462	325	2,38	2,10
438	muestra	2,62	2,17
370	muestra	2,37	2,31
455	muestra	2,05	1,73
323	muestra	1,94	2,60
318	muestra	1,92	1,65
570	muestra	1,50	1,92
<b>PROMEDIO</b>		<b>2,40</b>	<b>1,79</b>

## Anexo 5: Grado de ramificación de los morfotipos en estudio

MUESTRA	MORFOTIPO BGR	60 días
278	1	0
296	254	0
302	10	0
307	228	0
310	50	0
323	muestra	0
327	49	0
393	70	0
397	254	0
414	240	0
462	325	0
475	247	0
485	200	0
512	295	0
281	62	1
295	81	1
318	muestra	1
322	317	1
387	136	1
487	277	1
518	306	1
526	247	1
536	238	1
542	45	1
546	254	1
548	215	1
551	100	1
561	130	1
562	139	1
293	6	2
370	muestra	2
379	82	2
415	185	2
430	120	2
438	muestra	2
449	319	2
455	muestra	2
472	205	2
570	muestra	2

## Anexo 6: Disectividad de los morfotipos en estudio

MUESTRA	MORFOTIPO BGR	60 días
327	49	3-1-1-1
379	82	3-4-0-0
485	200	3-4-0-0
295	81	3-4-1-0
307	228	3-4-0-1
397	254	3-4-1-0
430	120	3-4-1-0
449	319	3-4-1-0
475	247	3-5-0-0
518	306	3-4-0-1
546	254	3-4-0-1
551	100	3-4-1-0
562	139	3-4-0-1
293	6	3-5-1-0
296	254	3-4-1-1
318	muestra	3-4-1-1
415	185	3-5-1-0
438	muestra	3-5-1-0
487	277	3-5-1-0
548	215	3-4-1-1
278	1	3-5-2-0
281	62	3-5-2-0
302	10	3-5-1-1
322	317	3-5-2-1
370	muestra	3-5-1-1
393	70	3-4-2-1
414	240	3-5-1-1
455	muestra	3-5-2-1
462	325	3-5-1-1
472	205	3-5-2-0
542	45	3-5-1-1
561	130	3-5-1-1
570	muestra	3-5-1-1
387	136	3-5-2-1
512	295	3-6-1-1
536	238	3-5-2-1
310	50	3-6-2-1
323	muestra	3-6-2-1

## Anexo 7: Peso de follaje seco (g) de los morfotipos en estudio

MORFOTIPO BGR	PS follaje (g)	
	RC	RR
273	21,57	26,10
116	65,02	49,95
16	29,99	39,01
226	31,51	28,83
27	61,58	42,63
84	25,87	25,18
21	69,52	59,37
23	25,40	26,72
muestra	36,51	38,09
79	26,90	10,96
103	25,57	19,39
222	34,94	41,33
21	31,17	36,58
118	18,72	19,97
126	44,53	13,36
muestra	19,67	9,40
43	15,50	12,99
307	23,07	34,89
19	19,95	28,63
169	23,97	38,96
201	20,76	6,60
ni	41,18	22,33
143	32,26	21,47
72	8,32	14,29
23	20,36	13,62
141	24,46	31,37
236	41,71	23,99
286	8,55	13,16
298	31,87	37,62
61	36,95	37,15
277	28,76	8,98
200	41,65	42,07
296	26,73	27,03
muestra	25,80	23,94
247	11,90	10,21
238	19,22	24,81
91	67,36	43,11
241	25,43	38,06
104	19,98	13,63
99	12,68	15,15
19	25,71	27,00
122	41,32	33,17
21	23,05	20,99
208	19,63	21,78
122	48,99	17,89
40	39,10	34,08
264	22,73	11,69
192	46,94	51,39
142	36,49	18,47
muestra	24,82	14,27
20	42,05	53,56
170	39,08	34,94
88	4,83	9,42
147	26,20	12,90
155	19,05	23,14
140	30,08	33,25
312	31,34	18,81
318	48,48	51,21
166	28,53	19,94
39	5,88	19,76
46	52,99	25,57
256	20,22	22,93
muestra	23,04	21,71
81	28,95	13,13
<b>PROMEDIO</b>	<b>30,10</b>	<b>26,28</b>

**Anexo 8: Morfotipos considerados susceptibles según el peso seco de follaje (g)**

<b>Morfotipos susceptibles</b>			
<b>MUESTRA</b>	<b>PS follaje (g)</b>		<b>Diferencia</b>
	<b>Riego continuo</b>	<b>Riego restringido</b>	
65	44,53	13,36	31,17
224	48,99	17,89	31,10
267	52,99	25,57	27,42
187	67,36	43,11	24,24
164	28,76	8,98	19,78
18	61,58	42,63	18,95
104	41,18	22,33	18,85
235	36,49	18,47	18,02
124	41,71	23,99	17,72
54	26,90	10,96	15,94
297	28,95	13,13	15,82
6	65,02	49,95	15,06
103	20,76	6,60	14,16
248	26,20	12,90	13,30
255	31,34	18,81	12,52
231	22,73	11,69	11,04
105	32,26	21,47	10,78
241	24,82	14,27	10,54
69	19,67	9,40	10,27
28	69,52	59,37	10,15
265	28,53	19,94	8,59
220	41,32	33,17	8,15
113	20,36	13,62	6,74
215	19,98	13,63	6,35
57	25,57	19,39	6,17
230	39,10	34,08	5,02
243	39,08	34,94	4,14
<b>PROMEDIO</b>	<b>37,25</b>	<b>22,73</b>	

**Anexo 9: Morfotipos considerados tolerantes según el peso seco de follaje**

<b>Morfotipos tolerantes</b>			
<b>MUESTRA</b>	<b>PS follaje (g)</b>		<b>Diferencia</b>
	<b>Riego continuo</b>	<b>Riego restringido</b>	
83	23,97	38,96	-15,00
266	5,88	19,76	-13,89
205	25,43	38,06	-12,63
74	23,07	34,89	-11,83
242	42,05	53,56	-11,51
16	29,99	39,01	-9,03
79	19,95	28,63	-8,69
116	24,46	31,37	-6,91
58	34,94	41,33	-6,40
110	8,32	14,29	-5,97
148	31,87	37,62	-5,75
180	19,22	24,81	-5,60
59	31,17	36,58	-5,41
136	8,55	13,16	-4,61
245	4,83	9,42	-4,59
1	21,57	26,10	-4,53
233	46,94	51,39	-4,45
250	19,05	23,14	-4,09
<b>PROMEDIO</b>	<b>23,40</b>	<b>31,23</b>	

## Anexo 10: Grado de estrés en morfotipos sin riego

MORFOTIPO BGR	PERIODO DE SEQUÍA / DÍAS SIN RIEGO			
	CUARTO/4	QUINTO/5	SEXTO/5	SÉPTIMO/0
273	3	3	4	4
116	3	2	5	3
16	3	3	3	4
226	4	4	4	3
27	3	4	4	4
84	4	2	5	3
69	3	2	4	3
21	2	2	3	2
23	4	3	4	3
muestra 51	5	5	5	5
79	3	2	3	2
103	4	3	4	3
222	4	4	5	3
21	3	3	5	3
118	5	3	4	4
126	4	3	5	3
muestra 69	5	4	3	3
43	4	2	5	5
307	4	2	5	3
muestra 77	4	3	5	3
19	5	5	5	5
169	4	3	4	3
201	3	4	4	5
muestra 104	5	4	4	3
143	4	3	5	4
72	4	4	5	5
23	5	3	5	3
141	5	4	5	4
236	3	4	5	5
286	4	4	4	4
23	4	3	4	3
298	2	2	3	3
61	2	2	3	3
277	4	5	5	5
200	4	3	4	3

MORFOTIPO BGR	PERIODO DE SEQUÍA / DÍAS SIN RIEGO			
	CUARTO/4	QUINTO/5	SEXTO/5	SÉPTIMO/0
296	3	3	5	3
muestra 173	3	3	5	4
247	4	2	3	2
238	4	3	4	4
91	2	2	5	4
130	5	3	4	4
241	4	3	3	3
104	4	2	3	3
99	5	5	5	5
19	2	3	4	3
122	4	4	4	3
21	3	3	4	4
208	4	4	4	4
122	2	2	4	3
40	4	4	5	4
264	4	3	4	4
192	2	2	4	3
142	4	3	3	3
17	3	3	3	3
muestra 241	1	2	3	3
20	4	3	4	3
170	3	3	4	4
88	3	3	4	2
147	4	3	4	3
155	3	3	4	3
140	5	4	5	4
312	4	2	3	3
318	2	4	5	3
166	5	4	5	5
39	3	3	4	3
46	4	3	4	3
256	4	3	3	2
muestra 274	3	3	3	3
81	4	3	4	4

### Anexo 11: Peso de tubérculos/plta (g) y número de tubérculos de los morfotipos en estudio

MORFOTIPO BGR	N° de tubérculos		Peso (g) tubs/plta	
	RC	RR	RC	RR
273	23,0	15,0	223,2	100,0
116	32,0	16,0	99,6	122,3
16	18,0	9,7	204,5	151,1
226	14,0	16,0	261,7	199,8
84	14,0	13,3	149,7	145,8
69	3,0	3,0	29,6	4,9
21	11,5	3,7	61,2	8,8
23	6,0	9,7	101,5	151,0
muestra 51	8,5	9,3	62,5	46,5
79	6,5	2,3	81,2	20,2
103	18,5	12,7	120,3	73,5
222	4,5	9,3	36,9	94,1
21	7,0	5,3	49,6	53,3
118	6,0	16,3	128,5	53,1
126	3,5	4,0	52,4	39,7
muestra 69	22,0	11,0	216,1	82,1
43	16,0	9,3	113,7	64,1
19	20,0	14,0	137,1	71,9
169	27,0	33,3	279,4	232,1
muestra 104	6,0	5,3	17,7	20,7
143	9,0	7,3	161,6	123,7
muestra 109	5,0	5,0	41,4	72,4
72	11,5	8,7	69,3	93,3
23	3,5	4,7	38,2	62,7
236	20,5	12,3	88,5	39,3
286	2,5	6,0	107,4	160,4
23	3,0	6,0	27,0	73,4
298	11,0	5,3	81,9	22,4
61	16,5	20,0	224,0	210,8
277	12,5	3,0	80,7	15,9
200	9,5	3,7	91,5	18,5
296	25,0	25,0	237,5	211,0
muestra 173	10,5	11,0	122,4	51,0
247	10,5	4,0	81,7	21,2
238	6,0	11,0	78,4	146,0
130	8,5	13,0	69,8	129,9
241	13,5	15,0	81,2	67,1
99	4,5	16,0	57,5	113,3
19	9,0	12,3	22,3	96,5
122	7,0	10,7	138,9	149,1
21	20,5	12,3	198,3	82,6
208	13,0	14,3	176,3	124,6
122	16,5	9,0	237,3	70,7
40	1,5	6,7	16,1	34,5
264	9,5	9,0	38,7	40,5
192	5,5	3,3	55,5	24,7
142	2,0	11,7	49,8	135,5
muestra 241	12,5	8,3	119,3	59,6
20	5,5	2,3	92,7	14,7
170	8,5	16,3	64,4	96,9
88	13,5	7,3	164,2	45,8
147	27,5	16,7	298,0	126,3
155	35,5	22,3	303,1	230,0
140	19,0	10,0	92,9	48,3
312	9,0	7,0	104,3	42,3
318	4,0	0,7	64,9	13,9
46	10,5	20,3	60,3	100,0
muestra 272	13,0	9,3	125,7	51,1
muestra 274	13,0	11,7	191,2	113,2
81	10,0	6,3	130,3	77,8
<b>PROMEDIO</b>	<b>11,9</b>	<b>10,4</b>	<b>115,18</b>	<b>85,77</b>