

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS:

**Respuesta al estrés hídrico de papas nativas tetraploides y
diploides (*Solanum spp.*) en invernadero y estandarización de
PCR gen *St aldehído abscísico oxidasa***

Para optar el título profesional de:
INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR:

Bach. Luis Enmanuel SALVATIERRA BAÑICO

ASESOR:

Ph. D. Germán Fernando DE LA CRUZ LAPA

AYACUCHO - PERÚ

2024

DEDICATORIA

*A **Jesucristo**, quien me salvo de la oscuridad, quien me dio una nueva oportunidad en mi vida, sano mi cuerpo físico y mi alma, toda la gloria es para ti Señor.*

*A mi madre, **Bañico Lizana, Nancy Jehovana**, por su amor infinito y apoyo incondicional, por no dejarme en mis momentos difíciles, por estar siempre a mi lado y mi mejor amiga.*

*A mi abuelita, **Lizana Calle, Benedicta**, quien me dió un techo donde descansar, donde estudiar, por su amor incondicional.*

*Al señor, **Curo Huamán, Felix** por su apoyo incondicional en los momentos difíciles de mi vida.*

*A mis hermanas, **Salvatierra Bañico, Greysi y Salvatierra Bañico, Yensi**, por su apoyo, amor incondicional y acompañarme en cada etapa de mi vida.*

A mis profesores, por orientarme y compartir sus enseñanzas, así como por los consejos y la sabiduría que me brindaron a lo largo de mi desarrollo profesional.

*A mis amigos y compañeros de clase, **Rubén, Luis Enrique y José Luis** con quienes conviví experiencias inolvidables durante mi tiempo en la universidad.*

AGRADECIMIENTO

A la **Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH)**, mi alma mater, por ser el pilar de mi formación profesional. A mis profesores de la Facultad de Ciencias Agrarias (FCA), por transmitirme sus conocimientos y compartir sus valiosas experiencias.

Al **Ph.D. Germán De La Cruz Lapa**, impulsor y asesor de este trabajo de investigación, por otorgarme su confianza y la oportunidad de trabajar bajo su orientación. También le agradezco por su apoyo y valiosas sugerencias, que fueron clave para lograr la conclusión exitosa de mi investigación.

Al **Círculo de Estudios e Investigación de Genética, Genómica y Biotecnología (CEIGB)**, por haberme recibido en su grupo de investigación. Al **laboratorio de Genética y Biotecnología Vegetal (LGBV)** de la Escuela Profesional de Agronomía, por su apoyo en el desarrollo de mi trabajo.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE GENERAL	4
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	11
ÍNDICE DE ANEXOS	14
RESUMEN	15
INTRODUCCIÓN.....	16
CAPÍTULO I.....	18
1. MARCO TEÓRICO	18
1.1 Antecedentes.....	18
1.2 Requerimiento climatológico de papa nativa	19
1.3 Requerimiento hídrico del cultivo de papa nativa	20
1.4 Características climáticas de la zona de recolección de las papas nativas	21
1.5 Estrés abiótico	21
1.6 Déficit hídrico en plantas.....	22
1.7 Efectos de déficit hídrico en papa	22
1.8 Papel de las hormonas frente al estrés abiótico	22
1.9 Biosíntesis de ABA, papel de gen St aldehído abscísico oxidasa	23
1.10 Marcadores moleculares	24
1.11 Reacción en cadena de polimerasa (PCR).....	24
1.12 Etapas de PCR	24
1.13 Los cebadores	25
1.14 Electroforesis	25
1.15 Extracción de ADN	25
CAPÍTULO II.....	27

2. METODOLOGÍA.....	27
2.1 Método procedimental.....	27
2.1.1 Localización.....	27
Ubicación política.....	27
Ubicación geográfica.....	27
Ubicación ecológica.....	28
2.1.2 Material Biológico.....	28
2.1.3 Tratamientos.....	29
2.1.4 Diseño experimental.....	30
2.1.5 Características de las unidades experimentales.....	37
2.1.6 Análisis estadístico.....	37
2.1.7 Manejo agronómico en condiciones de invernadero.....	37
2.1.8 Evaluaciones de los parámetros de rendimiento.....	39
2.1.9 Evaluación de los índices de tolerancia a la sequía.....	41
2.1.10 Estandarización de PCR.....	42
2.1.10.1 Extracción de ADN.....	42
2.1.10.2 Control de calidad de ADN.....	43
2.1.10.3 PCR punto final.....	44
2.1.10.4 PCR tiempo real (qPCR).....	45
CAPÍTULO III.....	46
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	46
3.1 Resultados de la respuesta de las 23 accesiones tetraploides (4x) más 12 accesiones diploides (2x) de papas nativas a la sequía parcial y sequía severa en condiciones de invernadero.....	46
3.1.1 Evaluación a los 15 días después de la sequía parcial.....	46
3.1.2 Evaluación de los índices de sequía a los 15 días de sequía parcial (SP).....	66
3.1.2.1 Análisis de componentes principales (PCA).....	71

3.1.2.2 Agrupamiento cluster-jerarquico	72
3.1.2.3 Correlación de los índices de sequia.....	74
3.1.3 Evaluación a los 30 días después de la sequía severa (SV).....	75
3.1.4 Evaluación de los índices de sequía a los 30 días de sequía severa (SV).....	95
3.1.4.1 Análisis de componentes principales (PCA)	99
3.1.4.2 Agrupamiento cluster-jerarquico	101
3.1.4.3 Correlación de los índices de sequia.....	102
3.2 Análisis molecular	103
3.2.1 Resultados de la extracción de ADN	103
3.2.2 Estandarización de PCR punto final para el gen St aldehído abscísico oxidasa (AAO)	104
3.2.3 Prueba de PCR tiempo real (qPCR)	106
CONCLUSIONES	109
RECOMENDACIONES	110
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111
ANEXO	119

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Resumen de las condiciones climáticas referenciado a los datos de la estación meteorológica Cuchuquesera.....	21
Tabla 2.1. Descripción del factor de sequía inducida para la investigación.....	30
Tabla 2.2. Esquema del diseño experimental	31
Tabla 2.3. Descripción de los tratamientos con el factor sequía inducida de papas nativas. ..	31
Tabla 2.4. Randomización de los tratamientos con tres repeticiones.	34
Tabla 2.5. Descripción de las características de las unidades experimentales (UE).	37
Tabla 2.6. Cebadores identificados para el gen St aldehído abscísico oxidasa, en dirección de 5'-3'.	44
Tabla 3.1. Análisis de varianza del promedio de área de frondosidad, número de tallos, número de hojas, altura de la planta, número de tubérculo, peso de tubérculo, materia seca de tubérculo, materia seca aéreo y materia seca de la raíz en sequía parcial (SP).	46
Tabla 3.2. Comparación de medias de los efectos simples sequía parcial (SP) y de sin sequía (SS) en altura de planta de las 35 accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X).....	48
Tabla 3.3. Comparación de medias de los efectos simples de sin sequía (SS) y sequía parcial (SP) en número de hojas de las 35 accesiones de papa nativa diploides (2X) y tetraploides (4X).	50
Tabla 3.4. Comparación de medias de los efectos simples de sin sequía (SS) y sequía parcial (SP) en número de tallos de las 35 accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X).....	52
Tabla 3.5. Comparación de medias de los efectos simples de sin sequía (SS) y sequía parcial (SP) en área de frondosidad de las accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X).....	54
Tabla 3.6. Comparación de medias de los efectos simples de sin sequía (SS) y sequía parcial (SP) en número de tubérculos de las 35 accesiones de papa nativa diploides (2X) y tetraploides (4X).....	56
Tabla 3.7. Comparación de medias de los efectos simples de sin sequía (SS) y sequía parcial (SP) en peso de tubérculos de las 35 accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X).....	58

Tabla 3.8. Comparación de medias de los efectos simples de sin sequía (SS), sequía parcial (SP) en materia seca de tubérculos de las 35 accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X).....	60
Tabla 3.9. Comparación de medias de los efectos simples de sin sequía (SS), sequía parcial (SP) en materia seca aéreo de las 35 accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X).....	62
Tabla 3.10. Comparación de medias de los efectos simples de sin sequía (SS), sequía parcial (SP) en materia seca de la raíz de las 35 accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X).....	64
Tabla 3.11. Análisis de varianza de productividad media (PM), productividad media geométrica (PMG), índice de tolerancia (TOL), índice de tolerancia a la sequía (ITS), índice de susceptibilidad a la sequía (ISS) e índice de estabilidad de rendimiento (IER).....	66
Tabla 3.12. Comparación de medias de los índices de sequía de PM, PMG Y TOL de las accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X) bajo el efecto de sequía parcial (SP).....	67
Tabla 3.13. Comparación de medias de los índices de sequía de ITS, ISS y IER de las accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X) bajo el efecto de sequía parcial (SP).....	69
Tabla 3.14. Análisis de varianza del promedio de área de frondosidad, número de tallos, número de hojas, altura de la planta, número de tubérculo, peso de tubérculo, materia seca de tubérculo, materia seca aéreo y materia seca de la raíz en sequía severa (SV).....	75
Tabla 3.15. Comparación de medias de los efectos simples de sin sequía (SS) y sequía severa (SV) en altura de planta de las accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X).	77
Tabla 3.16. Comparación de medias de los efectos simples de sin sequía (SS) y sequía severa (SV) en número de hojas de las accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X).	79
Tabla 3.17. Comparación de medias de los efectos simples de sin sequía (SS) y sequía severa (SV) en número de tallos de las accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X).	81
Tabla 3.18. Comparación de medias de los efectos simples de sin sequía (SS) y sequía severa (SV) en área de frondosidad de las accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X).....	83

Tabla 3.19. Comparación de medias de los efectos simples de sin sequía (SS) y sequía severa (SV) en número de tubérculos de las 35 accesiones de papa nativa diploides (2X) y tetraploides (4X).....	85
Tabla 3.20. Comparación de medias de los efectos simples de sin sequía (SS) y sequía severa (SV) en peso de tubérculos de las 35 accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X).....	87
Tabla 3.21. Comparación de medias de los efectos simples de sin sequía (SS) y sequía severa (SV) en materia seca de tubérculo de las 35 accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X).....	89
Tabla 3.22. Comparación de medias de los efectos simples de sin sequía (SS) y sequía severa (SV) en materia seca aéreo de la planta de las 35 accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X).....	91
Tabla 3.23. Comparación de medias de los efectos simples de sin sequía (SS) y sequía severa (SV) en materia seca de la raíz de las 35 accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X).....	93
Tabla 3.24. Análisis de varianza de productividad media (PM), productividad media geométrica (PMG), índice de tolerancia (TOL), índice de tolerancia a la sequía (ITS), índice de susceptibilidad a la sequía (ISS) e índice de estabilidad de rendimiento (IER).....	95
Tabla 3.25. Comparación de medias de los índices de sequía de PM, PMG Y TOL de las accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X) bajo el efecto de sequía severa (SV).	95
Tabla 3.26. Comparación de medias de los índices de sequía de ITS, ISS y IER de las accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X) bajo el efecto de sequía severa (SV).	97
Tabla 3.27. Resultados de la cantidad (ng/uL) y calidad de ADN (A260/A280), por espectrofotometría.	103
Tabla 3.28. Master mix para la evaluación de la presencia del gen St AAO.	104
Tabla 3.29. Diseño del perfil térmico para el gen St AAO.	105
Tabla 3.30. Master mix para dos concentraciones diferentes de ADN molde para la evaluación de la presencia del gen St AAO.....	106
Tabla 3.31. Resultados de los valores Cq obtenido en 3 accesiones (acc29, acc2 y acc28) de papa luego de PCR tiempo real (qPCR).	106
Tabla 3.32. Curva de concentración de qPCR muestra 29a y 29b.	107

Tabla 3.33. Curva de concentración de qPCR muestra 2a y 2b.	107
Tabla 3.34. Curva de concentración de qPCR muestra 28a y 28b.	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Mapa de ubicación del área de investigación, Pampa de Arco, ciudad universitaria, Av. Independencia s/n, elaborado en ArcGIS 10.5.	28
Figura 2.2. Línea de tiempo de la sequía parcial (SP) y sequía severa (SV).....	29
Figura 2.3. Esquematación para la evaluación de frondosidad de las accesiones. Fuente: (Korva, 1996).	41
Figura 2.4 Perfil térmico qPCR y diseño de placa para gen ST AAO resistente a sequía.	45
Figura 3.1. Comparación de medias (DLS, 0.05) en función de los efectos principales de la sequía parcial en altura de planta, número de hojas, número de tallos, área de frondosidad, número de tubérculos, peso de tubérculos, materia seca de tubérculo, materia seca aérea de la planta y materia seca de la raíz de las 35 accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X).	47
Figura 3.2. Respuesta de 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en altura de planta a los 15 días de sequía parcial (SP).....	49
Figura 3.3. Respuesta de 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en número de hojas a los 15 días de sequía parcial.	51
Figura 3.4. Respuesta de 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en número de tallos a los 15 días de sequía parcial.	53
Figura 3.5. Respuesta de 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en área de frondosidad a los 15 días de sequía parcial.	55
Figura 3.6. Respuesta de 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en número de tubérculos a los 15 días de sequía parcial.	57
Figura 3.7. Respuesta de 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en peso de tubérculo a los 15 días de sequía parcial.	59
Figura 3.8. Respuesta de 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en materia seca de tubérculo a los 15 días de sequía parcial.	61
Figura 3.9. Respuesta de 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en materia seca aérea de la planta a los 15 días de sequía parcial.	63
Figura 3.10. Respuesta de 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en materia seca de la raíz a los 15 días de sequía parcial.	65

Figura 3.11. Biplot de las 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides bajo el efecto de la sequía parcial (SP).	71
Figura 3.12. Dendograma general de las 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides según los índices de sequía en la sequía parcial (SP).	72
Figura 3.13. Coeficiente de correlación entre rendimiento e índices de sequía parcial (SP) en 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides.	74
Figura 3.14. Comparación de medias (Tukey, 0.05) en función de los efectos principales de la sequía parcial en altura de planta, número de hojas, número de tallos, área de frondosidad, número de tubérculos, peso de tubérculos, materia seca de tubérculo, materia seca aéreo de la planta y materia seca de la raíz de las 35 accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X).	76
Figura 3.15. Respuesta de 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en altura de planta a los 30 días de sequía severa	78
Figura 3.16. Respuesta de 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en número de hojas a los 30 días de sequía severa.	80
Figura 3.17. Respuesta de 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en número de tallos a los 30 días de sequía severa.	82
Figura 3.18. Respuesta de 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en área de frondosidad a los 30 días de sequía severa.	84
Figura 3.19. Respuesta de 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en número de tubérculos a los 30 días de sequía severa.	86
Figura 3.20. Respuesta de 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en peso de tubérculos a los 30 días de sequía severa	88
Figura 3.21. Respuesta de 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en materia seca de tubérculo a los 30 días de sequía severa.	90
Figura 3.22. Respuesta de 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en materia seca aéreo de la planta a los 30 días de sequía severa.	92
Figura 3.23. Respuesta de 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en materia seca de la raíz a los 30 días de sequía severa.	94
Figura 3.24. Biplot de las 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides bajo el efecto de la sequía severa (SV).	99
Figura 3.25. Dendograma general de las 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides según según los índices de sequía en la sequía severa (SV).	101

Figura 3.26. Coeficiente de correlación entre rendimiento e índices de sequía severa (SV) en 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides.....	102
Figura 3.27. Resultados de Calidad de ADN por densitometría.	104
Figura 3.28. Foto-documentación de electroforesis de los resultados de PCR para el gen St AAO.	105

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Datos pasaporte y nivel de ploidía de las 35 accesiones de papa nativa (<i>Solanum</i> spp.), de la comunidad Virgen de Cocharcas de Cochas, San Miguel, La Mar, Ayacucho.	120
Anexo 2. Datos cuantitativos de las 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides a los 15 días de la sequía parcial (SP).	122
Anexo 3. Datos cuantitativos de las 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en el momento de cosecha en la sequía parcial (SP).	123
Anexo 4. Datos cuantitativos de los índices de sequía en la sequía parcial (SP) de las 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides.	124
Anexo 5. Datos cuantitativos de las 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides a los 30 días de la sequía severa (SV).	125
Anexo 6. Datos cuantitativos de las 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en el momento de cosecha en la sequía severa (SV).	126
Anexo 7. Datos cuantitativos de los índices de sequía en la sequía severa (SV) de las 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides.	127
Anexo 8. Catálogo fotográfico del desarrollo de las 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en el invernadero.	128
Anexo 9. Catálogo fotográfico del desarrollo en el Laboratorio de Genética y Biotecnología Vegetal (LGBV)-UNSCH.	129
Anexo 10. Análisis del sustrato empleado para la conducción del cultivo en el invernadero.	130

RESUMEN

La papa es un cultivo fundamental para la seguridad alimentaria global, su producción se ve amenazada por la sequía intensificada por el cambio climático. En este contexto, se evaluó la respuesta al estrés hídrico de 35 accesiones de papas nativas: 23 tetraploides (4x) y 12 diploides (2x). En condiciones de invernadero, se evaluó los tratamientos: Sequía parcial (15 días), sequía severa (30 días) y sin sequía. Se utilizó el diseño experimental completamente randomizado (DCR) con arreglo factorial de 3(niveles de sequía) * 35 (accesiones) y 3 repeticiones. Analizándose los datos de índices de tolerancia a la sequía (PM, PMG, TOL, ITS, ISS e IER) y 9 parámetros de rendimiento (altura, número de hojas, número de tallos, área de frondosidad, número de tubérculos, peso de tubérculos, materia seca de tubérculo, materia seca aérea de la planta y materia seca de la raíz), con el software Rstudio. Además, se ensayó un protocolo molecular de PCR para identificar el gen *St AAO* (*aldehído abscísico oxidasa*), relacionado con la tolerancia al estrés hídrico. Las accesiones que resultaron tolerantes a sequía parcial fueron: Sangre de Cristo (2x), PN8 (2x), Qachirva (4x), Peruanita (2x), Yungay (4x), Canchan (4x), Mariva (4x) y Uru puñuchi (4x) y susceptibles: Taragallo (2x), Puka sawinto 1 (4x), Qori sunqu (2x) Puka ñawi (2x) y Puka carrasco (2x). En tanto que, las accesiones tolerantes a sequía severa fueron: Carrasco (4x), Corazón de cuy (4x), Lengua de vaca (4x), Canchan (4x), Mariva (4x), Papa fuerte (4x), Amarilla larga (2x) y Taragallo (2x) y susceptibles: Puka carrasco (2x), Peruanita (2x) Lenguas (4x), Yuraq winchina (2x). La extracción de ADN se realizó con el método CTAB 2X. El PCR convencional no detectó bandas del gen *St AAO*, mientras que el PCR en tiempo real (qPCR), utilizando SYBR Green, con el perfil térmico de 50 °C, 56 °C y 60 °C y 35 ciclos permitió observar la curva de amplificación del gen, confirmando su presencia.

Palabras clave: Estrés-hídrico, qPCR, gen *St AAO*, papas-nativas, índices-tolerancia-sequía.

INTRODUCCIÓN

Según (Aina et al., 2024), la producción mundial de alimentos de forma segura y sostenible es de gran interés para poder alimentar a la crecida población humana, que se espera que alcance los 10 mil millones en 2050, pero los factores de estrés abióticos (sequía y salinidad) y bióticos impactan significativamente de manera negativa los sistemas de producción de alimentos, ocasionando una disminución desde el 70 y el 100 % en el rendimiento de los cultivos. En consecuencia, es primordial mejorar la tolerancia al estrés por sequía del cultivo para mejorar su productividad y la Ingeniería Genética tiene un gran potencial para mejorar la tolerancia a la sequía en las plantas (Bing et al., 2021; Zhaoxia et al., 2019; Cheng et al., 2018; citado por Sun et al., 2022).

En la última década, las pérdidas en el sector agrícola ha sido 22 000 millones de dólares, del cual, el 60% equivale a las pérdidas económicas como consecuencia de la sequía (Matailo-Ramirez et al., 2019). A nivel global, se estima a 1200 millones de individuos que sufren niveles de estrés alto como consecuencia por sequía, esto afecta áreas agrícolas bajo regadío; de esta cifra, 520 millones de personas viven en zonas rurales (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2020). La continua desglaciación de los Andes influyeron en la vulnerabilidad de sistemas agrícolas, esto generará que los países Brasil, Bolivia, Venezuela y Colombia incrementen su temperatura local y escasez de agua, generando pérdida de los cultivos como el arroz; mientras en los países como Perú, Argentina, Chile, Bolivia y Uruguay registrarán temperaturas bajas afectando cultivos como quinua, papa, tarwi, etc. (Lozano-Povis et al., 2021); como consecuencia de las sequías, el continente africano ha sufrido la muerte de 20,888 habitantes; mientras en América, generó 45 muertes y millones de damnificados (UNESCO, 2020).

El cultivo de papa se ve afectados por periodos secos inducidos por cambio climático, sobre todo en suelos áridos (Silva-Díaz et al., 2020), múltiples variedades son cultivados por los productores en sus fincas, sin embargo, existe poca información disponible sobre el manejo óptimo de riego y la respuesta de los cultivares (Matteau et al., 2021); muchos cultivares son susceptibles a la sequía, para contrarrestar los efectos adversos se requieren clones de papa resistentes (Hoelle et al., 2020). En la actualidad, aún no se ha tenido el éxito en el desarrollo de genotipos de papas resistentes a la sequía, debido a que, en las anteriores décadas, los programas de mejoramiento estuvieron enfocados en incrementar la productividad; en tal sentido, en los últimos años han identificado genes involucrados con el estrés por sequía, aun

así, todavía se presentan limitaciones. Para aliviar dicho problema, los efectos del estrés por sequía, se pueden contrarrestar seleccionando genotipos con aptitud de resistencia a la sequía y manejo agronómico apropiado. El estrés abiótico, probablemente, se incrementa a futuro por el cambio climático, específicamente causado por la sequía y salinidad. Como estrategia, los cultivares de maduración tardía, se pueden cultivarse en áreas con sequía tardía para mantener el rendimiento (Nasir & Toth, 2022).

Las medidas de mitigación de estrés por sequía y los mecanismos para afrontar son indispensables y deben ser diseñados con el objetivo de afrontar desafíos futuros, específicamente en los países en desarrollo, a fin de abastecer alimentos de manera sostenible (Kesiime et al., 2016). Bajo las premisas anteriores, se puede colegir que nuestra región no es exenta a estos problemas mencionados, debido a que los últimos años se ha observado desastres devastadores económico y alimentario, sobre todo para productores rurales. Bajo los antecedentes mencionados, este trabajo está orientado a la selección de accesiones de papas nativas (*Solanum* spp.) con aptitudes de resistencia al estrés causado por sequía y está dentro de los objetivos de las Naciones Unidas para la seguridad alimentaria. Los resultados servirán como fundamento básico para establecer programas de mejoramiento en este recurso, asimismo, como base de consulta académico para profesionales y estudiantes. De igual forma, servirá a los productores de la papa, para tomar estrategias de manejo ante los factores abióticos.

Formulación de los objetivos

Objetivo general

Evaluar la respuesta a la sequía y ensayar el protocolo de estandarizado de PCR para el gen *St aldehído abscísico oxidasa* (AAO) en germoplasma de papas nativas (4X y 2X) de la región Ayacucho tolerante a la sequía en condiciones de invernadero, Pampa de arco, 2024.

Objetivos específicos

- i. Determinar la respuesta de 23 accesiones tetraploides (4x) más 12 accesiones diploides (2x) de papas nativas a la sequía parcial y severa, en condiciones de invernadero.
- ii. Ensayar la estandarización del protocolo molecular de PCR en papas nativas tetraploides (4x) y diploides (2x) portadores del gen *St AAO* para la tolerancia a la sequía, en condiciones de invernadero.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes

Hoelle et al. (2020), evaluaron la respuesta genotípica a la sequía terminal en el campo, bajo condiciones del centro experimental de INIA, Lima. Evaluaron 13 genotipos de papa provenientes de Centro Internacional de la Papa (CIP), en dos campos, uno con textura arena arcillosa y el otro arenosa; emplearon diseño de franjas con tres repeticiones. Evaluaron cuatro tratamientos: T1, con riego completo al 85% de capacidad de campo; T2, se suspendió a los 50 días después de la siembra (DDS); T3, a los 65 DDS; T4, a los 80 DDS. Como resultado, para los genotipos, los rendimientos se redujeron en 77%, 50% y 22% para tratamientos de sequía temprana, media y tardía, respectivamente para suelo con textura arena arcillosa; mientras en suelo franco (arenoso), se redujo en un 86%, 85% y 62%, respectivamente, para los mismos tratamientos. Finalmente, recomiendan que los genotipos con pequeña reducción en su rendimiento podrían tener características importantes para tolerancia a la sequía.

Barra et al. (2019), evaluaron la respuesta de 4 clones de papa tetraploides (4X) (*Solanum tuberosum*), aplicando estrés hídrico suspendiendo al inicio de tuberización, en condiciones de INIA, Chile. Los tratamientos (con riego el testigo y sin riego al inicio de tuberización), el riego aplicado fue hasta capacidad de campo, se instalaron en macetas bajo invernadero, empleando diseño en bloques completos randomizados con 4 repeticiones para cada genotipo. Los variables evaluados fueron: peso de biomasa (fresco y seco) de la raíz, hojas y tubérculos; número de tubérculos, conductancia estomática. Como resultado, solo uno de los genotipos (clon 37 FB) se mostró poco afectado al estrés, el cual produjo rendimientos mayores que los demás, es decir, ha sido poco afectado; por consiguiente, portaría características de resistencia al estrés hídrico.

Cabello et al. (2013), realizaron comparación de índices de tolerancia a la sequía basados en el rendimiento de 918 accesiones de papas, provenientes de variedades locales (618), variedades mejoradas (226) y variedades stocks genéticos (74), en condiciones de estación experimental de La Molina del Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima. El trabajo se realizó durante 4 años consecutivos, utilizando diseño de boques completos al azar. Como variables, evaluaron el rendimiento de tubérculos (irrigados cada 10 días y en sequía permanente después de 35 días de siembra) de cada accesión, luego calcularon índices de selección basados en rendimiento: la productividad media, la productividad media geométrica, la tolerancia, índice de tolerancia a la sequía, índice de susceptibilidad a la sequía, índice de estabilidad del rendimiento. Como resultado, reportaron que las variedades mejoradas tuvieron mayor rendimiento, por lo cual, fue relativamente mejores que las demás accesiones en cuanto a los índices propuestos. Sugieren investigar bajo estrés más severo para encontrar diferencias más notorias.

Velasco (2012), realizó identificación, clonación y expresión semicuantitativa por RT-PCR del gen *St aldehído abscísico oxidasa* y del gen *Dhn10* en *S. tuberosum* cv. Karú y cv. Yangana, los cuales están involucradas en la resistencia a la sequía, en condiciones de INIA – La plataina, Chile. Los primers utilizados para cada gen, fueron diseñados a partir de las secuencias de *S. tuberosum* (St) y *S. commersonii* (Dhn10) obtenidos del GenBank. Se empleó el diseño de bloques completos al azar con 4 repeticiones, en donde se aplicó riegos deficitarios de 25, 50 y 100%. Como resultado, reportó que el nivel de expresión genética fue significativo en ambos genes únicamente en la variedad de papa Karú, poniendo de manifiesto su resistencia a la sequía.

1.2 Requerimiento climatológico de papa nativa

Las condiciones climáticas para tuberización de la papa según Egúsqiza (2000) debe ser o cumplir las siguientes condiciones:

- ✓ **Temperatura:** La planta debe recibir el estímulo de temperaturas bajas (frio). Las condiciones de temperaturas ideales son las comprendidas entre 10 a 20°C en las que la respiración es todavía baja.
- ✓ **Agua:** La planta no debe sufrir de limitaciones o déficit de agua.
- ✓ **Nitrógeno:** Debe haberse reducido el abastecimiento de nitrógeno proveniente del suelo. En caso de haber abastecimiento de nitrógeno, la planta continúa el crecimiento aéreo y se retrasa el inicio de tuberización.

- ✓ **Duración del día:** Los días de 10 o 12 horas de duración son apropiadas para nuestras variedades.
- ✓ **Luminosidad:** Se refiere a la intensidad de la luz del día. En zonas con días nublados se reduce el contenido de sólidos del tubérculo (papa más "aguachenta"). En la sierra hay mejor calidad de luz (papa más "harinosa").

Crece en la zona altoandina entre 3300 y 4300 metros sobre el nivel del mar. La adaptación de las variedades de papas nativa es rango amplio, temperaturas que oscilan entre 4 y 18.5 °C, una precipitación media anual de 1108.7 mm, con riesgos climáticos principales de heladas y granizadas (Marmolejo & Gutarra, 2018).

El cultivo de papa requiere una humedad relativa de 70 °C a 80 °C (López et al., 1980, citado por Silvera-Rivera, 2018), si se presenta una humedad relativa excesiva en el momento de la germinación del tubérculo y en el periodo desde la floración hasta la maduración del tubérculo resulta perjudicial ya que favorece el ataque del Mildiu (Franco, 2002, citado por Ramirez & Díaz, 2022).

La papa es altamente adaptable a una variedad de tipos de suelo. Los mejores suelos para el desarrollo de cultivos tienen una textura franco arenoso, un alto contenido de materia orgánica y una excelente permeabilidad. En cuanto al pH, señala que puede oscilar entre 4.8 y 7, siendo 5.5 a 6.0 el rango ideal (Domínguez, 1989 y Benacchio, 1983, citado por Sanabria & Quispe, 2016).

1.3 Requerimiento hídrico del cultivo de papa nativa

La gran parte de productores de papas en el mundo realizan la producción con un sistema de riego, como alternativa a la precipitación de la lluvia. En la zona subtropical del Perú el 20 % del área de producción de papa lo realizan bajo riego con un 15 % en la sierra y 5 % en la costa (Kumar et al., 2003; MINAG, 2005, citado por Chuchón, 2019).

Para rendimientos altos, el requerimiento de agua del cultivo con un sistema de riego para plantaciones de 120 a 150 días de periodo vegetativo es de 500 a 700 mm por temporada dependiendo del clima y el suelo donde se realiza la siembra. Se ha observado que con una precipitación de 600 a 800 mm de lluvia regularmente durante el periodo vegetativo en la producción de papa se obtiene un buen rendimiento (Barrantes, 1993, citado por Delgado, 2018).

1.4 Características climáticas de la zona de recolección de las papas nativas

La zona de recolección de accesiones de papas nativas de la comunidad de Virgen de Cocharcas de Cochabamba, provincia La Mar del departamento de Ayacucho presenta las siguientes características climatológicas.

Tabla 1.1 Resumen de las condiciones climáticas referenciado a los datos de la estación meteorológica Cuchuquesera.

ESTACIÓN : CUCHOQUESERA		DISTRITO	: CHUSCHI	ALTITUD	: 3750.0 msnm								
		PROVINCIA	: CANGALLO	LATITUD	: 13°25'54" S								
		DEPARTAMENTO	: AYACUCHO	LONGITUD	: 74°20'40" W								
DESCRIPCIÓN	UNID	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT
T° max. Media mensual	°C	20.69	21.52	20.02	19.07	18.78	18.70	19.04	18.99	18.85	19.98	20.81	21.77
T° mín. Media mensual	°C	-0.92	0.11	0.77	0.88	1.18	0.18	-2.25	-3.24	-3.96	-2.34	-2.04	-1.05
T° media mensual	°C	9.89	10.82	10.40	9.98	9.98	9.44	8.40	7.87	7.44	8.82	9.39	10.36
Factor de multiplicación		4.80	4.96	4.96	4.48	4.96	4.80	4.96	4.80	4.96	4.96	4.80	4.96
ETP	mm	47.45	53.66	51.56	44.70	49.52	45.30	41.65	37.78	36.92	43.74	45.05	51.39
Precipitación	mm	106.30	116.80	62.80	11.70	5.60	0.00	6.60	3.10	53.40	22.60	36.70	54.90
Humedad del suelo	mm	58.85	63.14	11.24	-33.00	-43.92	-45.30	-35.05	-34.68	16.48	-21.14	-8.35	3.51
Exceso	mm	58.85	63.14	11.24					16.483				3.51
Déficit	mm				-33	-43.92	-45.3	-35.05	-34.68		-21.14	-8.35	

Nota. Precipitación anual: 890.3mm, ETP anual: 548.73mm, datos tomados del récord de 17 años.

Fuente: Muñoz, (2022).

Presenta una temperatura promedio de 9.40 °C, una temperatura máxima de 19.85 °C, una precipitación anual de 890.30 mm, evapotranspiración (ETC) de 584.73 mm y una humedad relativa de 75 °C, lo cual son ideales para todo el proceso de desarrollo de la planta y formación de tubérculos.

1.5 Estrés abiótico

Proviene del efecto negativo de los factores ambientales en las plantas, ya que las plantas están expuestas a la intemperie de su entorno, las cuales a menudo dejan de ser ideales para su desarrollo normal, ocasionándoles el estrés. La sequía, salinidad y déficit de nutrientes en el suelo forman parte de los factores que causan estrés abiótico. Por el cambio climático actual, estos factores se van agravando paulatinamente con efectos cada vez más severa, lo cual amenaza a la seguridad alimentaria (Martínez & Melgarejo, 2021, p. 24). Según el informe de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2020), el 40% de población global que equivale a 300 millones de individuos, habitan en regiones agrícolas con riesgos severos de escasez de agua.

1.6 Déficit hídrico en plantas

El agua es uno de los elementos indispensables para el desarrollo eficiente de los vegetales, su limitación ocasiona estrés. Ante ello, muchas especies han desarrollado distintos mecanismos de respuesta, lo cual permite tolerar el estrés leve hasta severa. Sin embargo, la cantidad limitada y excesiva, induce a condiciones adversas. Otras plantas poseen adaptaciones como el desarrollo de metabolismo C4 y metabolismo de ácido de crasuláceas o CAM (Moreno, 2009). Del punto de vista agrícola, el estrés por sequía se genera por baja disponibilidad de agua en el suelo, específicamente en la rizosfera, con la consecuencia de la afectación del desarrollo normal y, por lo tanto, el rendimiento (FAO, 2020, p.25). El déficit hídrico disminuye el potencial hídrico y la turgencia de la planta, con consecuente deshidratación, disminución de fotosíntesis, alteración de homeostasis iónica y nutrición mineral, alteración de división y diferenciación celular (Wojtyla et al., 2020).

1.7 Efectos de déficit hídrico en papa

El cultivo de la papa se ve afectado por factores abióticos como la sequía, por lo cual, se han propuesto determinar umbrales de uso de recurso hídrico con la finalidad de ahorrar agua (Silva-Díaz et al., 2020); es frágil para efectos de la sequía y como consecuencia, repercute en la reducción de la productividad del cultivo. Esta característica de ser susceptible, se ha atribuido al sistema radicular que es superficial; sin embargo, la susceptibilidad también es dependiente de cada genotipo y etapa fenológica en la que se encuentra. Para afrontar estos problemas son necesarios contar con accesiones tolerantes y practicar manejos agronómicos que ayuden a mitigar el efecto (Nasir & Toth, 2022). En la actualidad, mejorar la tolerancia a la sequía se está convirtiendo en un trabajo necesario para los fitomejoradores de la papa (Cabello et al., 2013).

1.8 Papel de las hormonas frente al estrés abiótico

Los vegetales han desarrollado mecanismos únicos para responder circunstancias desfavorables ambientales. Las hormonas son moléculas pequeñas endógenas, que actúan como mensajeros químicos que regulan la respuesta de vegetales a algún estímulo, juegan papel indispensable en la tolerancia al estrés abiótico (Fahad et al., 2015). Las hormonas tienen funciones específicas, que directamente depende de los niveles endógenos activos. Además, las fitohormonas interactúan entre sí, de forma antagónica, sinérgica; por consiguiente, se forma una red compleja de señalizaciones hormonales que son indispensables en la vida y homeostasis fisiológica vegetal (Depuydt & Hardtke, 2011). Se mencionan las fitohormonas involucradas en

resistencia al estrés: etileno, ácido abscísico (ABA), ácido jasmónico (JA), ácido salicílico (SA) (Martínez-Melgarejo, 2021).

1.9 Biosíntesis de ABA, papel de gen *St* aldehído abscísico oxidasa

El ABA en la planta se mueve desde las radículas hasta la parte aérea, donde juega un rol importante regulando la apertura de las estomas, así como la actividad de puntos meristemáticos de los brotes. Para la intensidad de la señal juegan un rol importante 4 factores como: interacción entre rizobacterias promotoras de crecimiento y raíz, caracteres anatómicos de corteza de tallo (bandas de caspary), los valores de pH apoplástico de hojas y tallo, acción de las beta glucosidasas apoplásticas y citosólicas en las hojas (Jiang & Hartung, 2008).

a. Biosíntesis de ABA

ABA es un sesquiterpenoide (C₁₅H₂₀O₄) (Finkelstein, 2013), cuando las plantas están en óptimas condiciones en ambientes favorables, el ABA está en niveles bajas; sin embargo, en condiciones no favorables (estresantes), los niveles se incrementan. El ABA está presente en hongos y plantas, en ABA se sintetiza del precursor llamado betacaroteno (C₄₀) a través de una vía denominada vía carotenoide (Martínez-Melgarejo, 2021, p. 49). En plantas superiores, el ABA se sintetiza de la degradación de pigmentos carotenoides. En tejido aéreo de las plantas, los carotenos se encuentran en los cloroplastos y de los cuales se forma el ABA; mientras en radículas, frutos y embriones, el precursor de ABA está presente en otros plastidios (Ascon-Bieto y Talón, citado por Velasco, 2012). El xantonina forma parte del paso intermedio en la síntesis de ABA, en citoplasma la xantonina (C₁₅) es convertida en ABA aldehído por enzima xantonina oxidasa, luego ABA aldehído es transformada a ABA por la enzima aldehído abscísico oxidasa, esta última enzima utiliza como cofactor a las moléculas de Mo (Molibdeno) (Nambara & Marion-Poll, 2005).

b. Papel del gen *St* aldehído abscísico oxidasa

El gen de la *St* aldehído abscísico oxidasa codifica una enzima que cataliza el paso final de la biosíntesis de ABA, en el que, el abscisalaldehído (ABAld) se convierte en ABA. La actividad catalítica de la enzima requiere un cofactor de molibdeno (MoCo) (Nambara & Marion-Poll, 2005).

c. Respuesta fisiológica y molecular al déficit hídrico

La respuesta molecular al estrés, y quizás una de las más importantes, es el cambio en la expresión génica. Durante la privación de agua, diferentes tipos de células respondieron aumentando o disminuyendo la expresión de ciertos genes. También se encontró que muchos genes que no se expresan en condiciones óptimas de riego pueden expresarse en condiciones de déficit de agua (Moreno, 2009). Muchos de los genes y su expresión relacionados con fenómenos de estrés, están controladas por ABA (Seo & Koshiba, 2002).

1.10 Marcadores moleculares

Los marcadores moleculares son fragmentos simples de ADN localizados en regiones específicas (puntos de referencia) en los cromosomas que permiten rastrear su heredabilidad entre los individuos de una población. Con los métodos modernos disponibles, se puede obtener un número ilimitado de marcadores para un organismo; asimismo, estos métodos permiten un análisis más confiable de la información genética (Abriata et al., 2011). Los marcadores moleculares son biomoléculas (proteínas, ADN) que se utilizan para aislar y localizar el gen de interés que se está estudiando; estos se pueden correlacionar con una cualidad genética. Existen varios métodos de marcadores, cada uno caracterizado por la capacidad de detectar polimorfismos en uno o más loci y si son dominantes o codominantes (Simpson, 2017).

1.11 Reacción en cadena de polimerasa (PCR)

El PCR es una reacción enzimática in vitro con capacidad de amplificación en millones de veces un fragmento específico de ADN. Es una herramienta innovadora para realizar estudios en los ácidos nucleicos, las características más importantes son: sensible, reproducible, eficiente, confiable y fáciles de analizar (Tamay De Dios et al., 2013). El PCR requiere de varios componentes como: ADN molde, ADN polimerasa, dNTPs (desoxinucleótidos trifosfatos), cebadores. Los productos de PCR se puede estimar mediante electroforesis (Jalali et al., 2017).

1.12 Etapas de PCR

- i. **Desnaturalización.** A una temperatura de más de 90 °C se logra romper los enlaces de puente de hidrógeno de la cadena de doble hélice de ADN (Jalali et al., 2017). Esta etapa dura de 20 – 30 segundos, el tiempo depende del porcentaje de G-C de los cebadores (Tamay De Dios et al., 2013).

- ii. **Hibridación.** Para esta etapa, la temperatura varía de 45 – 65 °C, aquí los cebadores hibridan a través del apareamiento de las bases complementarias (Jalali et al., 2017).
- iii. **Extensión.** La temperatura normal es de 72 °C, en la cual trabaja la enzima ADN polimerasa, esta enzima se une al complejo cebador – plantilla para poder ensamblar una nueva cadena o hebra empleando bases nitrogenadas (Jalali et al., 2017). La extensión de la cadena se da en dirección 5'-3' (Tamay De Dios et al., 2013).

1.13 Los cebadores

Son cadenas o fragmentos cortas de nucleótidos, estos localizan una región específica de ADN mediante apareamiento de bases complementarias, actúa como punto de inicio para que la enzima ADN polimerasa genere la nueva cadena complementaria (Jalali et al., 2017). Se puede producir 2ⁿ copias por ciclos ($n=n^{\circ}$ ciclos). Se deben seguir ciertas reglas durante el diseño, por ejemplo: la relación guanina:citosina debe estar entre 40-60% y la longitud debe estar entre 15-30 pb. Se recomienda terminar con G o C para evitar la complementariedad entre pares de primers para evitar bucles (Mas et al., 2001).

1.14 Electroforesis

Es una técnica que sirve para separar biomoléculas como el ADN, empleando un campo eléctrico sobre una matriz (gel de agarosa) porosa (Montalvo-Navarro & Lugo-Flores, 2016). El producto PCR se visualiza mediante uso de esta técnica, se utiliza gel de agarosa, esta tiene la función de separar los productos ADN en función del tamaño y carga que poseen. El ADN tiene carga negativa, gracias a esta característica, puede migrar hacia el lado positivo en la cámara de electroforesis (Jalali et al., 2017). En este paso se evalúa la integridad del ADN extraído; la velocidad a la que el ADN migra a través del gel depende de su tamaño, lo que permite que las moléculas se agrupen según su tamaño. Si se observa una banda muy ancha, significa que está fragmentada, lo que afecta la amplificación durante la PCR (Alejos et al., 2015).

La agarosa que se utiliza en esta técnica se extrae de algas rojas marinas, su característica de este polímero radica al ser gelificado (Montalvo-Navarro & Lugo-Flores, 2016).

1.15 Extracción de ADN

El proceso involucra el aislamiento y purificación de moléculas de ADN basándose en sus propiedades fisicoquímicas, preservando su integridad y pureza. Los grupos fosfato de los

nucleótidos tienen carga negativa y son polares, lo que le da al ADN una carga negativa y, a su vez, esta especificidad se usa para la extracción de ADN. Se han utilizado varios protocolos a lo largo del tiempo, y actualmente se pueden observar métodos utilizando kits de extracción y extracción tradicional, que tiene cinco pasos: homogeneización de tejidos, lisis celular, aislamiento de proteínas y lípidos, precipitación y solubilización del ADN (Alejos et al., 2015).

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1 Método procedimental

2.1.1 Localización

La presente investigación se instaló el en invernadero, en la ciudad universitaria, Pampa de Arco, propiedad de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Av. independencia s/n. Mientras, la parte molecular se realizó en el Laboratorio de Genética y Biotecnología Vegetal, E. P. Agronomía.

Ubicación política

- ✓ Departamento: Ayacucho
- ✓ Provincia: Huamanga
- ✓ Distrito: Ayacucho
- ✓ Localidad: Pampa del Arco

Ubicación geográfica

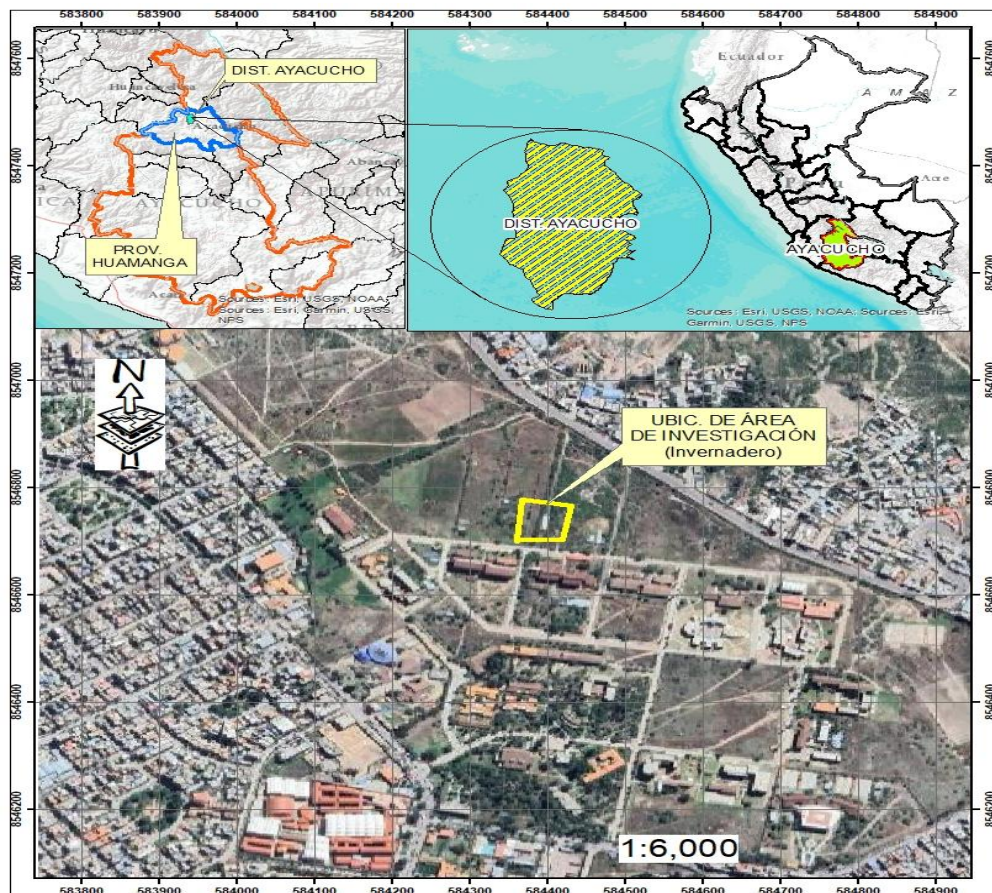
- ✓ Latitud: 13°08'41.87'' S
- ✓ Longitud: 74°13'14.47'' O
- ✓ Altitud: 2802 m.s.n.m.
- ✓ Región natural: Región quechua

Ubicación ecológica

La ciudad universitaria, según la clasificación de Holdridge pertenece a la zona de vida: estepa espinosa – montano bajo subtropical (ee-MBS), abarca de 2000 a 3100 msnm

Figura 2.1

Mapa de ubicación del área de investigación, Pampa de Arco, ciudad universitaria, Av. Independencia s/n, elaborado en ArcGIS 10.5.



2.1.2 Material Biológico

Las 35 accesiones de papas nativas fueron tomadas del banco de germoplasma del Laboratorio de Genética y Biotecnología Vegetal (LGBV), el cual ya habían sido colectadas, utilizadas por Muñoz, (2022) identificando las características morfológicas y nivel de ploidía puesto que ahora serán material biológico para la presente investigación (Anexo 1).

2.1.3 Tratamientos

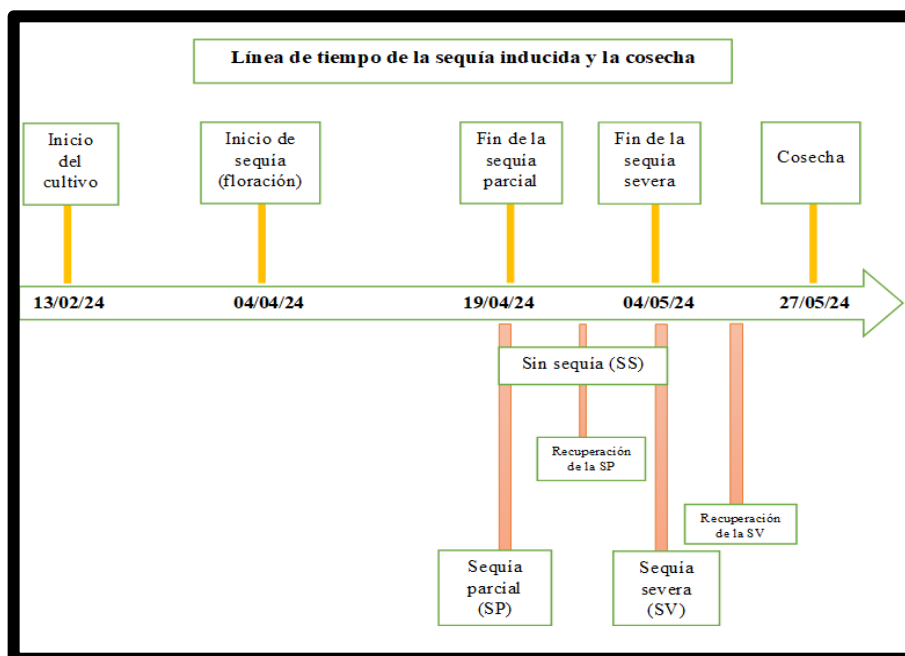
Los tratamientos fueron la combinación de dos factores como: Factor sequía inducida con tres niveles de estrés hídrico: Sin sequía (SS) con riego a capacidad de campo, sequía parcial (SP) con 15 días de sequía y sequía severa (SV) con 30 días de sequía. El factor Accesiones, con 35 accesiones de papas nativas (diploides y tetraploides).

Inicio de tuberización: Es la etapa en la que la planta de papa inicia la formación de tubérculos en los extremos de los estolones subterráneos, punto crítico donde se requiere mayor cantidad de agua para la formación de tubérculos. Y donde los tratamientos de sequía inducida iniciaron (52 dds), 15 días sin riego (sequía parcial) y 30 días sin riego (sequía severa), respectivamente.

Cada unidad experimental presentó tres repeticiones con una planta/maceta y estará representada por macetas de bolsa con capacidad de 4 kg de sustrato, a una proporción de 2:1:1 entre tierra negra, arena y musgo, respectivamente. Los riegos se realizaron a capacidad de campo (CC) hasta el inicio de floración o tuberización con una probeta graduada.

Figura 2.2

Línea de tiempo de la sequía parcial (SP) y sequía severa (SV).



Toma de datos durante la sequía inducida y la cosecha

Transcurrido los 15 y 30 días después de la sequía inducida y la cosecha, se registró datos de:

Sin sequía (SS): Se tomó datos de número de hojas, números de tallos aéreos, altura de planta y área de frondosidad el 19/04/24 y 04/05/24 respectivamente. Se tomó datos de cosecha como número de tubérculos, peso de tubérculos, peso fresco, peso seco y materia seca el 27/05/24.

Sequía parcial (SP): Se tomó datos de número de hojas, números de tallos aéreos, altura de planta y área de frondosidad el 19/04/24 respectivamente. Se tomó datos de cosecha como número de tubérculos, peso de tubérculos, peso fresco, peso seco y materia seca el 27/05/24.

Sequía severa (SV): Se tomó datos de número de hojas, números de tallos aéreos, altura de planta y área de frondosidad el 04/05/24 respectivamente. Se tomó datos de cosecha como número de tubérculos, peso de tubérculos, peso fresco, peso seco y materia seca el 27/05/24.

Tabla 2.1

Descripción del factor de sequía inducida para la investigación.

Niveles de estrés hídrico	Descripción
SS	Sin sequía (control)
SP	Sequía parcial (por 15 días)
SV	Sequía severa (por 30 días)

2.1.4 Diseño experimental

Los tres niveles de sequía (S), las 35 accesiones (A) de papas nativas (*Solanum spp.*), fueron distribuidos en condiciones de invernadero mediante el diseño experimental completamente randomizado (DCR) con arreglo factorial de 3* 35 y con 3 repeticiones. La distribución en el invernadero se realizó mediante randomización y en un croquis definido previamente para el diseño elegido.

El modelo aditivo lineal será el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + S_j + A_k + (SA)_{jk} + E_{ijk}$$

Donde:

- ✓ Y_{ijk} = Es la observación de la unidad experimental.

- ✓ μ = Es la media general.
- ✓ S_j = Es el efecto debido al j-ésimo del factor S (Sequía inducida).
- ✓ A_k = Es el efecto debido al k-ésimo del factor A (Accesiones de papas nativas).
- ✓ $(AB)_{jk}$ = Efecto interacción entre el j-ésimo del factor S y el k-ésimo del factor A.
- ✓ E_{ijk} = Es el efecto del error experimental.

Tabla 2.2

Esquema del diseño experimental

DCR factorial 3 S x 35A con 3 repeticiones				
Sequía	Accesiones	Repeticiones		
		I	II	III
SS	A1	T1	T1	T1
SS	A2	T2	T2	T2
SS	A4	T3	T3	T3
SS	A5	T4	T4	T4
.
.
.
SS	A64	T35	T35	T35
SP	A1	T36	T36	T36
SP	A2	T37	T37	T37
SP	A4	T38	T38	T38
SP	A5	T39	T39	T39
.
.
.
SP	A64	T70	T70	T70
SV	A1	T71	T71	T71
SV	A2	T72	T72	T72
SV	A4	T73	T73	T73
SV	A5	T74	T74	T74
.
.
.
SV	A64	T105	T105	T105
Total		315 unidades experimentales		

Tabla 2.3

Descripción de los tratamientos con el factor sequía inducida de papas nativas.

Tratamientos	código	descripción
T1	A1* SS	Accesión 1 + Sin Sequía

T2	A2* SS	Accesión 2 + Sin Sequía
T3	A4* SS	Accesión 4 + Sin Sequía
T4	A5* SS	Accesión 5 + Sin Sequía
T5	A7* SS	Accesión 7 + Sin Sequía
T6	A9* SS	Accesión 9 + Sin Sequía
T7	A13* SS	Accesión 13 + Sin Sequía
T8	A15* SS	Accesión 15 + Sin Sequía
T9	A16* SS	Accesión 16 + Sin Sequía
T10	A18* SS	Accesión 18 + Sin Sequía
T11	A21* SS	Accesión 21 + Sin Sequía
T12	A25* SS	Accesión 25 + Sin Sequía
T13	A28* SS	Accesión 28 + Sin Sequía
T14	A29* SS	Accesión 29 + Sin Sequía
T15	A31* SS	Accesión 31 + Sin Sequía
T16	A32* SS	Accesión 32 + Sin Sequía
T17	A33* SS	Accesión 33 + Sin Sequía
T18	A35* SS	Accesión 35 + Sin Sequía
T19	A36* SS	Accesión 36 + Sin Sequía
T20	A40* SS	Accesión 40 + Sin Sequía
T21	A41* SS	Accesión 41 + Sin Sequía
T22	A42* SS	Accesión 42 + Sin Sequía
T23	A46* SS	Accesión 46 + Sin Sequía
T24	A48* SS	Accesión 48 + Sin Sequía
T25	A49* SS	Accesión 49 + Sin Sequía
T26	A50* SS	Accesión 50 + Sin Sequía
T27	A54* SS	Accesión 54 + Sin Sequía
T28	A55* SS	Accesión 55 + Sin Sequía
T29	A56* SS	Accesión 56 + Sin Sequía
T30	A57* SS	Accesión 57 + Sin Sequía
T31	A58* SS	Accesión 58 + Sin Sequía
T32	A60* SS	Accesión 60 + Sin Sequía
T33	A61* SS	Accesión 61 + Sin Sequía
T34	A63* SS	Accesión 63 + Sin Sequía
T35	A64* SS	Accesión 64 + Sin Sequía
T36	A1* SP	Accesión 1 + Sequía Parcial
T37	A2* SP	Accesión 2 + Sequía Parcial
T38	A4* SP	Accesión 4 + Sequía Parcial
T39	A5* SP	Accesión 5 + Sequía Parcial
T40	A7* SP	Accesión 7 + Sequía Parcial
T41	A9* SP	Accesión 9 + Sequía Parcial
T42	A13* SP	Accesión 13 + Sequía Parcial
T43	A15* SP	Accesión 15 + Sequía Parcial
T44	A16* SP	Accesión 16 + Sequía Parcial
T45	A18* SP	Accesión 18 + Sequía Parcial

T46	A21* SP	Accesión 21 + Sequía Parcial
T47	A25* SP	Accesión 25 + Sequía Parcial
T48	A28* SP	Accesión 28 + Sequía Parcial
T49	A29* SP	Accesión 29 + Sequía Parcial
T50	A31* SP	Accesión 31 + Sequía Parcial
T51	A32* SP	Accesión 32 + Sequía Parcial
T52	A33* SP	Accesión 33 + Sequía Parcial
T53	A35* SP	Accesión 35 + Sequía Parcial
T54	A36* SP	Accesión 36 + Sequía Parcial
T55	A40* SP	Accesión 40 + Sequía Parcial
T56	A41* SP	Accesión 41 + Sequía Parcial
T57	A42* SP	Accesión 42 + Sequía Parcial
T58	A46* SP	Accesión 46 + Sequía Parcial
T59	A48* SP	Accesión 48 + Sequía Parcial
T60	A49* SP	Accesión 49 + Sequía Parcial
T61	A50* SP	Accesión 50 + Sequía Parcial
T62	A54* SP	Accesión 54 + Sequía Parcial
T63	A55* SP	Accesión 55 + Sequía Parcial
T64	A56* SP	Accesión 56 + Sequía Parcial
T65	A57* SP	Accesión 57 + Sequía Parcial
T66	A58* SP	Accesión 58 + Sequía Parcial
T67	A60* SP	Accesión 60 + Sequía Parcial
T68	A61* SP	Accesión 61 + Sequía Parcial
T69	A63* SP	Accesión 63 + Sequía Parcial
T70	A64* SP	Accesión 64 + Sequía Parcial
T71	A1* SV	Accesión 1 + Sequía Severa
T72	A2* SV	Accesión 2 + Sequía Severa
T73	A4* SV	Accesión 4 + Sequía Severa
T74	A5* SV	Accesión 5 + Sequía Severa
T75	A7* SV	Accesión 7 + Sequía Severa
T76	A9* SV	Accesión 9 + Sequía Severa
T77	A13* SV	Accesión 13 + Sequía Severa
T78	A15* SV	Accesión 15 + Sequía Severa
T79	A16* SV	Accesión 16 + Sequía Severa
T80	A18* SV	Accesión 18 + Sequía Severa
T81	A21* SV	Accesión 21 + Sequía Severa
T82	A25* SV	Accesión 25 + Sequía Severa
T83	A28* SV	Accesión 28 + Sequía Severa
T84	A29* SV	Accesión 29 + Sequía Severa
T85	A31* SV	Accesión 31 + Sequía Severa
T86	A32* SV	Accesión 32 + Sequía Severa
T87	A33* SV	Accesión 33 + Sequía Severa
T88	A35* SV	Accesión 35 + Sequía Severa
T89	A36* SV	Accesión 36 + Sequía Severa

T90	A40* SV	Accesión 40 + Sequía Severa
T91	A41* SV	Accesión 41 + Sequía Severa
T92	A42* SV	Accesión 42 + Sequía Severa
T93	A46* SV	Accesión 46 + Sequía Severa
T94	A48* SV	Accesión 48 + Sequía Severa
T95	A49* SV	Accesión 49 + Sequía Severa
T96	A50* SV	Accesión 50 + Sequía Severa
T97	A54* SV	Accesión 54 + Sequía Severa
T98	A55* SV	Accesión 55 + Sequía Severa
T99	A56* SV	Accesión 56 + Sequía Severa
T100	A57* SV	Accesión 57 + Sequía Severa
T101	A58* SV	Accesión 58 + Sequía Severa
T102	A60* SV	Accesión 60 + Sequía Severa
T103	A61* SV	Accesión 61 + Sequía Severa
T104	A63* SV	Accesión 63 + Sequía Severa
T105	A64* SV	Accesión 64 + Sequía Severa

Tabla 2.4

Randomización de los tratamientos con tres repeticiones.

I	II	III
T87	T47	T93
T35	T32	T40
T67	T95	T30
T41	T66	T19
T7	T40	T84
T29	T62	T68
T80	T43	T104
T84	T58	T97
T105	T63	T47
T4	T11	T94
T30	T51	T62
T92	T30	T55
T76	T9	T82
T98	T34	T45
T57	T96	T74
T49	T92	T57
T44	T26	T25
T36	T27	T41
T63	T23	T7
T2	T42	T52
T100	T13	T95
T12	T102	T77

T97	T56	T23
T52	T57	T90
T89	T77	T48
T3	T99	T4
T33	T36	T79
T104	T65	T91
T47	T28	T88
T74	T25	T20
T71	T12	T59
T46	T8	T99
T90	T6	T18
T91	T60	T76
T93	T101	T35
T101	T5	T49
T6	T87	T46
T95	T4	T70
T73	T81	T83
T19	T55	T42
T43	T100	T103
T15	T78	T58
T99	T52	T26
T18	T84	T73
T51	T17	T9
T13	T38	T50
T65	T19	T28
T21	T74	T43
T70	T75	T105
T83	T15	T85
T103	T14	T37
T37	T50	T101
T20	T7	T13
T60	T20	T72
T39	T79	T44
T88	T59	T67
T54	T41	T78
T77	T1	T8
T26	T39	T61
T58	T91	T86
T14	T29	T63
T32	T53	T71
T72	T67	T32
T55	T45	T29
T82	T24	T98
T10	T44	T56

T64	T86	T2
T68	T18	T27
T40	T64	T11
T11	T103	T80
T66	T71	T33
T24	T35	T14
T8	T97	T51
T27	T83	T15
T59	T68	T64
T5	T21	T36
T38	T76	T12
T22	T2	T6
T31	T105	T38
T62	T54	T92
T45	T61	T39
T79	T31	T60
T9	T80	T17
T78	T85	T69
T1	T37	T89
T96	T69	T65
T53	T82	T66
T28	T10	T31
T56	T22	T3
T23	T93	T53
T16	T16	T34
T75	T46	T75
T81	T48	T87
T50	T98	T100
T86	T49	T21
T85	T70	T24
T102	T88	T102
T17	T89	T96
T69	T104	T16
T48	T33	T54
T34	T3	T81
T94	T72	T1
T42	T73	T5
T25	T94	T10
T61	T90	T22

2.1.5 Características de las unidades experimentales

Las unidades experimentales fueron representadas por macetas de bolsa con capacidad de 4 kg de sustrato, a una proporción de 2:1:1 entre tierra negra, arena y musgo, respectivamente.

Tabla 2.5

Descripción de las características de las unidades experimentales (UE).

Descripción	Unidad	Medida
Dimensiones de la bolsa	cm	12x15
Capacidad de la bolsa	kg	4.0
Distancia entre bolsas	m	0.10
Número de plantas por bolsa	unidades	1.0

2.1.6 Análisis estadístico

Para el análisis de los datos de caracteres agronómicos se realizó análisis de varianza (ANOVA, $\alpha=0.05$), análisis de comparación de medias DLS (0.05), PCA, agrupación Clúster y correlación de los variables. Para estos análisis se utilizará el software R, además, se realizarán cálculos de índices de tolerancia a la sequía.

2.1.7 Manejo agronómico en condiciones de invernadero

a. Preparación y esterilización del sustrato

Se realizó la mezcla de los sustratos a una proporción de 2:1:1 entre tierra negra, arena y musgo molido, respectivamente. La tierra negra (turba), se trajo de la puna con la finalidad de que el sustrato tenga similares características a los suelos de donde fueron colectados. Los sustratos fueron esterilizados mediante el método de solarización durante 2 semanas anticipadamente. Se realizó el 28 de enero del 2024.

b. Siembra de semillas tubérculo

Las semillas tubérculo fueron sembradas a 2-3 unidades por cada bolsa, luego fueron regadas a capacidad de campo. Se realizó el 13 de febrero del 2024.

c. Riego

Se aplicó cada 7 días un riego a capacidad de campo hasta los 52 días dds (inicio de tuberización), luego solo al control (sin sequía), después de 15 días sin riego a la sequía parcial y después de 30 días sin riego a la sequía severa.

Para determinar el volumen de agua a aplicar en el riego se realizó el cálculo de la Capacidad de Campo del sustrato:

Determinación de la capacidad de campo del sustrato:

Es el contenido de agua en el suelo, después de que se haya saturado el suelo con agua y luego drenado libremente, evitando que se pierda por evaporación en un tiempo de 24 a 48 horas después del riego o lluvia (Silva et al., 2015).

Para el cálculo de CC según Rubio, (2010) consistió en colocar muestras de suelo en una estufa a 105 °C, en un recipiente resistente al calor por un periodo de 24 horas, una vez transcurrido el tiempo se pesaron en una balanza para obtener el valor de peso seco del suelo, luego se mojó el suelo con agua hasta que se sature y se filtre por 24 horas, una vez pasado el tiempo se volvió a pesar el sustrato húmedo y realizó los cálculos con la fórmula, este procedimiento tendrá 5 repeticiones para obtener un promedio de CC para el riego.

$$CC = \frac{(PSH - PSS) * 100}{PSS}$$

Donde:

CC: Porcentaje de humedad a capacidad de campo (%).

PSS: Peso de suelo seco (g o Kg).

PSH: Peso de suelo húmedo (g o Kg), después de 24 horas.

La cantidad de agua calculada con que se regó a CC fue de 500 ml para 2.5 kilos de sustrato. Una vez terminado el periodo de sequía inducida, se aplicó un riego a mitad de capacidad de campo, cada 5 días con una probeta graduada, tanto como para la sequía parcial (SP) como para la sequía severa (SV).

d. Control de arvenses

El control fue de manera constante en todo el periodo fenológico para evitar competencia por luz, agua y nutrientes.

e. Aporque

Se realizó dos aporques durante la etapa fenológica, el cual consistió en llenar con más sustrato en cada tratamiento. El primer aporque fue 11 de marzo del 2024 y el segundo el 10 de abril del 2024.

f. Fertilización

No se realizó la fertilización del sustrato.

g. Cosecha

La cosecha se realizó en madurez de cosecha, a los 105 dds, luego, los tubérculos fueron guardados y etiquetados para su posterior evaluación. Se realizó el 27 de mayo del 2024.

h. Condiciones ambientales controladas

En el Invernadero de Genética y Biotecnología Vegetal se acondicionó un ambiente con las características ambientales similares al lugar donde creció las papas nativas. Temperatura mínima de 1.5 °C, una temperatura máxima de 19.5 °C, y una temperatura media de 10.5 °C, mediante la instalación de un sistema de enfriamiento del aire (YORK BY JOHNSON CONTROLS). Humedad relativa de 72 °C %.

2.1.8 Evaluaciones de los parámetros de rendimiento

a. Peso fresco

Se evaluó en el momento de la cosecha para cada repetición y accesión, se pesó el peso fresco de la planta completa (parte aérea y subterránea) y de los tubérculos de manera independiente, luego fueron expresados en gramos (g).

b. Peso seco

Se evaluó en el momento de la cosecha para cada repetición y accesión, se pesó el peso seco de la planta completa (parte aérea y subterránea) y de los tubérculos de manera independiente, luego fueron expresados en gramos (g). Para esta etapa se utilizó las mismas muestras en la que se evaluó el peso fresco.

Luego se llevó a la estufa durante 48 horas a una temperatura constante de 65 °C, tiempo y temperatura suficiente para alcanzar el peso constante (Guerrero et al., 2018). Para obtener el peso de la materia seca, se empleó una balanza analítica, la siguiente relación sirvió para el cálculo de porcentaje de materia seca:

$$MS = \frac{PS}{PF} \times 100$$

Donde:

- ✓ MS: materia seca
- ✓ PS: peso seco de la planta
- ✓ PF: peso fresco de la planta

c. Número de tubérculos

Se evaluó en el momento de la madurez de cosecha, a los 105 dds.

d. Peso de tubérculos

Se evaluó en el momento de la madurez de cosecha, a los 105 dds.

e. Número de hojas

Se evaluó contabilizando el número de hojas para cada repetición y accesiones.

f. Número de tallos aéreos

Se evaluó contabilizando el número de tallos aéreos para cada repetición y accesiones.

g. Altura de la planta (cm).

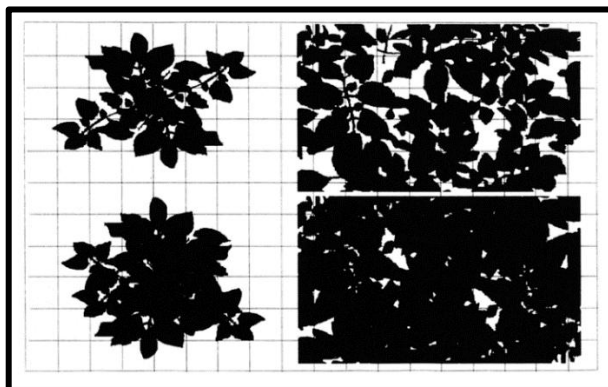
Se evaluó midiendo la altura desde el cuello de la planta hasta la yema apical del tallo principal, para cada repetición y accesiones.

h. Área de frondosidad

Se evaluó mediante una herramienta grilla de madera con dimensiones de 80x60 cm, cada cuadrícula de la grilla mide 5x5 cm (Korva, 1996). El procedimiento consistió en contabilizar el número de cuadrículas que abarca la frondosidad de la planta (Figura 2.3).

Figura 2.3

Esquematzación para la evaluación de frondosidad de las accesiones. Fuente: (Korva, 1996).



2.1.9 Evaluación de los índices de tolerancia a la sequía

Para la evaluación de estos índices, se utilizó las siguientes relaciones:

- ✓ **Productividad media (PM):** A mayor valor de PM mayor tolerancia a la sequía, a menor valor de PMG mayor susceptibilidad a la sequía (Morales & Rodríguez, 2016).

$$PM = \frac{Yp + Ys}{2}$$

Donde: **Ys:** rendimiento en condiciones de sequía; **Yp:** rendimiento en condiciones normales.

- ✓ **Productividad media geométrica (PMG):** A mayor valor de PMG mayor tolerancia a la sequía, a menor valor de PMG mayor susceptibilidad a la sequía (Hinojosa, 2009; Ramirez & Kelly 1998; citado por Rivadeneira R. et al., 2020).

$$PMG = (Yp * Ys)^{0.5}$$

Donde: **Ys:** rendimiento en condiciones de sequía; **Yp:** rendimiento en condiciones normales.

- ✓ **Tolerancia (TOL):** Un menor valor de TOL indica mayor tolerancia, mientras que un mayor valor de TOL sugiere una mayor susceptibilidad (Morales & Rodríguez, 2016).

$$TOL = (Yp - Ys)$$

Donde: **Ys:** rendimiento en condiciones de sequía; **Yp:** rendimiento en condiciones normales.

- ✓ **Índice de tolerancia a la sequía (ITS):** Valores más cercanos a uno son las que muestran mayor tolerancia a la sequía (Rosielle y Hamblin, 1981; citado por Morales & Rodríguez, 2016).

$$ITS = \frac{(Ys * Yp)}{Yp^2}$$

Donde: **Ys:** rendimiento en condiciones de sequía; **Yp:** rendimiento en condiciones normales.

- ✓ **Índice de susceptibilidad a la sequía (ISS):** valores más bajos son las más tolerantes a la sequía, mientras que aquellas con valores cercanos a 1 se consideran neutrales. Por otro lado, valores superiores a 1 son consideradas susceptibles a la sequía (Fernandez, 1992; citado por Morales & Rodríguez, 2016).

$$ISS = \frac{[1 - (\frac{Ys}{Yp})]}{[1 - (\frac{Ya}{Yb})]}$$

Donde: **Ys:** rendimiento en condiciones de sequía; **Yp:** rendimiento en condiciones normales; **Ya:** rendimiento de todas las accesiones bajo condiciones de sequía; **Yb:** rendimiento de todas las accesiones en condiciones normales.

- ✓ **Índice de estabilidad del rendimiento (IER):** A mayor valor de IER mayor tolerancia a la sequía, a menor valor de IER mayor susceptibilidad a la sequía (Morales & Rodríguez, 2016).

$$IER = (\frac{Ys}{Yp}) * 100$$

Donde: **Ys:** rendimiento en condiciones de sequía; **Yp:** rendimiento en condiciones normales.

2.1.10 Estandarización de PCR

2.1.10.1 Extracción de ADN

Se extrajo ADN de las 11 accesiones de papas nativas a partir de las hojas tiernas, sanas y frescas. Se siguió el protocolo del método CTAB 2X (hexadecil bromuro de trimetil amonio) (Doyle y Doyle, 1990), modificado por CIP, (1998) que se describe a continuación:

- a. Se pesó 100mg (3 hojas aprox.) de tejido de la hoja de cada accesión y luego fueron molidos en morteros esterilizados. En este trabajo no se utilizará nitrógeno líquido, en su reemplazo se utilizará 700uL de CTAB 2X.

- b. Luego se transfirió en un microtubo eppendorf esterilizado de 2mL de capacidad. Luego se adicionó 700 uL de buffer de extracción CTAB 2X y 2uL de β -mercaptoetanol, para agitar en Vórtex. Seguidamente, se incubó al baño maría de 65°C durante 45 minutos agitando el tubo cada 15 minutos, luego de la incubación se retiró los tubos para enfriarlas a temperatura de ambiente 2 minutos.
- c. Para la separación de proteínas y polisacáridos se le agregó 700uL de cloroformo: alcohol isoamílico (24:1) y luego se agitó en vórtex hasta homogenizar el contenido.
- d. Luego se centrifugó a 12,700 rpm por 5 minutos y después se transfirió el sobrenadante a un nuevo microtubo eppendorf estéril; se etiquetó el tubo. Se descartó el cloroformo: alcohol isoamílico remanente.
- e. Luego se le agregó 50uL de CTAB 10X (en NaCl 0.7M) y luego vórtex para homogenizar.
- f. Repetir los pasos c y d.
- g. Para la precipitación de ácidos nucleicos se añadió igual volumen de 400-500uL de isopropanol frío a cada tubo y luego se mezcló por inversión para homogenizar. Luego se incubó a -20°C durante 15 minutos
- h. Después se centrifugó a 12,700 rpm durante 20 minutos. Luego se vació el sobrenadante (isopropanol) cuidadosamente evitando perder el pellet de ADN, después se dejó invertido los tubos en papel toalla por 2 minutos.
- i. Para poder purificar el pellet de ADN, se añadió 1000uL de etanol al 70%, luego se centrifugará por 30 minutos a 12,700 rpm, luego se decantará el etanol. Luego se agregó 1mL de etanol al 90%, luego se centrifugó a 12,700 rpm durante 30 minutos y se eliminó el etanol. Después se dejó que el precipitado se seque toda la noche en posición invertida.
- j. Para disolver al ADN se le añadió 150uL de T₁₀E₁ + 1-2 uL de ARNasa 10ng/uL (libre de ADNasa) y vórtex, finalmente se incubó a 37°C durante 1h.
- k. Luego se conservó las muestras a -20°C.

2.1.10.2 Control de calidad de ADN

a. Por espectrofotometría

El ADN puro y de calidad tubo un valor de la relación A₂₆₀/A₂₈₀ en los rangos de 1.8-2.0. A continuación se describe el proceso:

- a. Primero se disolvió el pellet de ADN extraído con 150uL de T₁₀E₁ o agua destilada, luego se encubará a 37°C por 1h para completar disolver,
- b. Se tomó 1.5uL de T₁₀E₁ para blanqueo y el mismo volumen de ADN disuelto para poder hacer la lectura en espectrofotometría. Se homogenizó cada muestra antes de hacer lectura con leves agitaciones. El blanqueo se realizó con la misma solución con la que se disolvió el pellet,
- c. Finalmente, se realizó la lectura correspondiente de la concentración de ADN en ng/uL.

b. Por electroforesis

Se evaluó la integridad y calidad; asimismo, la cantidad de ADN. El procedimiento se describe a continuación:

- a. Primero se preparó gel de agarosa al 1% en 80 mL de buffer TBE 1X con 2uL de BrEt,
- b. luego se colocó el gel en la bandeja de la cámara de electroforesis y se cargó con buffer de corrida (TBE 1X) al nivel adecuado.
- c. Luego se preparó el Cocktail-Mix de corrida con 2uL de NFW + 1uL de loading 6X + 3uL de ADN muestra, se obtuvo al final un volumen de 6uL. Luego se procedió a servir los mix en el orden correcto en el gel de agarosa,
- d. después se corrió en electroforesis a 90v por 1h, luego se procedió a observar en transluminador UV, luego se capturó la imagen del gel para verificar e interpretarla.

2.1.10.3 PCR punto final

a. los cebadores

los cebadores que se utilizaron para este trabajo de investigación se describen en la Tabla 2.6, diseñado a partir de las secuencias de *S. tuberosum* por Velasco (2012).

Tabla 2.6

Cebadores identificados para el gen St aldehído abscísico oxidasa, en dirección de 5'-3'.

Gen	Cebador	T° A	Tamaño (pb)	Protocolo
St	F: TATTTGGAAAGTTTGCTGG		159	PCR
AAO	R: AAGTGTTTGTCGGGTCATC			

Nota. TA: temperatura de anillamiento, pb: pares de bases, F: forward, R: reverse.

a. Master mix

Primero se realizó la homogenización de las concentraciones de ADN extraído, a una concentración de trabajo en ng/uL según los antecedentes. Luego se procederá a preparar el master mix, los componentes de esta mezcla serán integrados por: NFW, buffer 5X, MgCl₂, dNTPs, cebadores, Taq DNA polimerasa, DNA molde. Las concentraciones de estos insumos se determinarán mediante ensayo y pruebas.

b. Perfil térmico de PCR

Se estableció el perfil térmico de PCR según los antecedentes para este trabajo de investigación, para lo cual requiere de ensayos y pruebas de manera anticipada.

c. Electroforesis de productos PCR

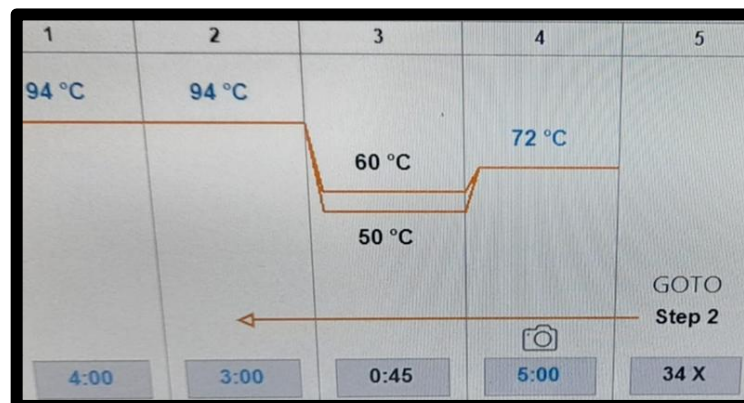
Como paso final, los productos PCR amplificados, se procedió a correr mediante electroforesis en gel de agarosa, luego fueron foto documentados para visualizar los fragmentos de ADN.

2.1.10.4 PCR tiempo real (qPCR)

Para poder observar las accesiones portadoras del gen ST AAO (A29, A28 y A2) del PCR punto final; fueron analizados en el termociclador tiempo real, el master mix fue preparado mezclando 1Rx 10 uL HiSYBR (Sybergreen) [1X]; 1.5uL primer F[10uM] y 1.5uL primer R[10uM] y 2uL ADN molde [A:20 ng/uL; B: 10 ng/uL]; 5uL NFW, completando el volumen total de 20uL. Luego se diseñó un perfil térmico de 50 °C, 56 °C y 60 °C con 35 ciclos que se muestra en la Figura 2.4. siguiendo el protocolo estandarizado de (LGBV -UNSCH) para qPCR.

Figura 2.4

Perfil térmico qPCR y diseño de placa para gen ST AAO resistente a sequía.



CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados de la respuesta de las 23 accesiones tetraploides (4x) más 12 accesiones diploides (2x) de papas nativas a la sequía parcial y sequía severa en condiciones de invernadero.

3.1.1 Evaluación a los 15 días después de la sequía parcial.

Tabla 3.1

Análisis de varianza del promedio de área de frondosidad, número de tallos, número de hojas, altura de la planta, número de tubérculo, peso de tubérculo, materia seca de tubérculo, materia seca aérea y materia seca de la raíz en sequía parcial (SP) (Anexo 2 y 3).

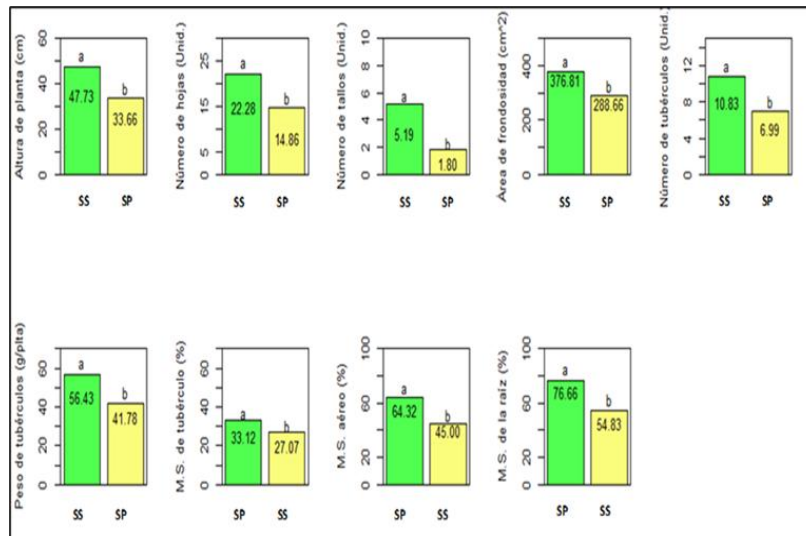
F. Variación	G. L	Altura de la planta	Número de hojas	Número de tallos	Área de frondosidad	Número de tubérculo	Peso de tubérculo	Materia de los tubérculos	Materia seca aérea de la planta	Materia seca de raíz
Sequía parcial (SP)	1	10388**	2889.7**	603.5**	407969**	777.2**	11272**	1920.5**	19585**	25015**
Accesiones (A)	34	790**	173.2**	1.9**	40222**	217.8**	4751**	367**	1299**	1254**
Interacción (SP*A)	34	103*	36.4**	1.0**	8929**	25.9**	250**	119.7**	480**	333**
Error	140	63	16	0.5	3561	3.4	42	48.1	102	139
Total	209									
C. V (%):		19.44	21.55	21.17	17.93	20.61	13.2	23.04	18.5	17.91

Nota: Altamente significativo (**), significativo (*).

Según el análisis de varianza (Tabla 3.1) de las variables (altura de la planta, número de hojas, número de tallos, área de frondosidad, número de tubérculos, peso de tubérculos, materia seca de tubérculos, materia seca aérea y materia seca de la raíz), bajo el efecto de la sequía parcial (SP) en las accesiones de papas nativas, resultaron altamente significativos ($P < 0.01$). Esto indica que, por lo menos algunas de las accesiones difieren del resto. Se encontraron coeficientes de variabilidad en el rango de 13.20 – 21.55%, los cuales indican una relativa variación de los datos. La interacción de sequía parcial x accesiones (SP*A) resultó significativa, el cual nos permite realizar análisis de comparación de medias en función de los efectos simples.

Figura 3.1

Comparación de medias (DLS, 0.05) en función de los efectos principales de la sequía parcial en altura de planta, número de hojas, número de tallos, área de frondosidad, número de tubérculos, peso de tubérculos, materia seca de tubérculo, materia seca aérea de la planta y materia seca de la raíz de las 35 accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X).



Nota: SS (sin sequía), SP (sequía parcial).

En la figura 3.1 Se muestra comparación de medias de la altura de planta, número de hojas, número de tallos, área de frondosidad, en función de los efectos principales del estrés por sequía parcial, donde se aprecia que sin sequía (SS) las accesiones tuvieron mayor respuesta en comparación de la sequía parcial (SP). Cuyos valores obtenidos superan en un 41.80 % en altura de planta, 49.93 % número de hojas, 188.33 % en número de tallos y 30.53 % en área de frondosidad, respectivamente. Este resultado nos permite deducir que la sequía parcial afecta significativamente al crecimiento foliar.

En la figura 3.1 Se muestra comparación de medias de número de tubérculos y peso de tubérculos en función de los efectos principales del estrés por sequía parcial (SP), donde se aprecia que a la aplicación sin sequía (SS) las accesiones tuvieron mayor respuesta a comparación de la sequía parcial (SP). Cuyos valores alcanzados superan en un 54.93 % en número de tubérculo; en un 35.06 % en peso de tubérculo, respectivamente. Este resultado nos permite deducir que la sequía parcial (SP) afecta significativamente al rendimiento del cultivo

En la figura 3.1 Se muestra comparación de medias de materia seca de tubérculos, materia seca aérea y materia seca de la raíz en función de los efectos principales del estrés por sequía parcial (SP), donde se aprecia que a la aplicación de sequía parcial (SP) las accesiones tuvieron mayor respuesta a comparación de sin sequía (SS), cuyos valores alcanzados superan en un 22.34 % en materia seca de tubérculos; en un 42.93 % en materia seca aérea de la planta y en un 39.81 % en materia seca de la raíz, respectivamente. Este resultado nos permite deducir que la sequía parcial (SP) afecta significativamente al rendimiento del cultivo.

Altura de planta

Tabla 3.2

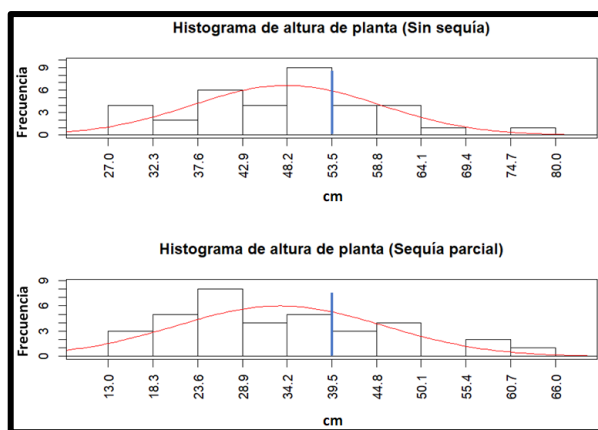
Comparación de medias de los efectos simples sequía parcial (SP) y de sin sequía (SS) en altura de planta de las 35 accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X).

Efecto de sin sequía (SS) en altura de planta				Efecto de sequía parcial (SP) en altura de planta			
Accesiones	Ploidía	Prom. altura(cm)	DLS (0.05)	Accesiones	Ploidía	Prom. altura(cm)	DLS (0.05)
A41	2n=4X=48	79.67	a	A41	2n=4X=48	65.33	a
A40	2n=2x=24	67.00	a b	A33	2n=4X=48	60.00	a
A21	2n=2x=24	60.67	b c	A36	2n=4X=48	58.67	a b
A33	2n=4X=48	60.67	b c	A32	2n=2x=24	49.67	b c
A25	2n=4X=48	60.00	b c	A40	2n=2x=24	48.33	c d
A36	2n=4X=48	59.67	b c	A35	2n=4X=48	48.33	c d
A48	2n=2x=24	57.33	b c d	A25	2n=4X=48	45.33	c d e
A32	2n=2x=24	56.33	b c d e	A48	2n=2x=24	44.67	c d e
A57	2n=4X=48	55.00	b c d e f	A46	2n=4X=48	40.67	c d e f
A42	2n=4X=48	53.67	b c d e f g	A9	2n=4X=48	40.00	d e f
A35	2n=4X=48	53.33	b c d e f g	A31	2n=4X=48	39.00	d e f
A31	2n=4X=48	52.33	b c d e f g	A18	2n=4X=48	36.67	e f g
A16	2n=4X=48	51.67	b c d e f g	A54	2n=2x=24	36.67	e f g
A13	2n=4X=48	51.00	c d e f g h	A28	2n=2x=24	35.00	f g h
A60	2n=2x=24	50.67	c d e f g h	A42	2n=4X=48	34.67	f g h
A18	2n=4X=48	50.00	c d e f g h	A60	2n=2x=24	33.33	f g h
A50	2n=4X=48	49.67	c d e f g h	A21	2n=2x=24	32.33	f g h i
A56	2n=4X=48	49.33	c d e f g h	A56	2n=4X=48	31.33	f g h i j
A5	2n=4X=48	48.33	c d e f g h i	A13	2n=4X=48	29.33	g h i j k
A46	2n=4X=48	46.00	c d e f g h i j	A58	2n=4X=48	28.67	g h i j k l
A15	2n=4X=48	43.67	d e f g h i j k	A55	2n=2x=24	28.00	g h i j k l m
A28	2n=2x=24	43.33	d e f g h i j k l	A15	2n=4X=48	28.00	g h i j k l m
A63	2n=4X=48	43.00	d e f g h i j k l	A50	2n=4X=48	27.67	g h i j k l m
A1	2n=4X=48	42.33	d e f g h i j k l m	A2	2n=2x=24	27.33	g h i j k l m
A55	2n=2x=24	41.67	e f g h i j k l m	A16	2n=4X=48	26.67	h i j k l m
A9	2n=4X=48	40.67	f g h i j k l m	A7	2n=2x=24	25.67	h i j k l m n
A54	2n=2x=24	40.00	f g h i j k l m	A5	2n=4X=48	25.67	h i j k l m n
A58	2n=4X=48	39.67	f g h i j k l m	A57	2n=4X=48	23.00	i j k l m n o
A64	2n=4X=48	39.33	g h i j k l m	A29	2n=2x=24	22.00	j k l m n o
A2	2n=2x=24	36.00	h i j k l m	A49	2n=4X=48	21.00	k l m n o
A29	2n=2x=24	33.33	i j k l m	A1	2n=4X=48	19.67	l m n o
A61	2n=2x=24	32.00	j k l m	A63	2n=4X=48	19.00	m n o
A4	2n=4X=48	28.33	k l m	A61	2n=2x=24	17.00	n o
A49	2n=4X=48	28.00	l m	A64	2n=4X=48	16.00	o
A7	2n=2x=24	27.00	m	A4	2n=4X=48	13.67	o

En la comparación de medias de los efectos simples en altura de planta (Tabla 3.2), bajo el efecto de sin sequía (SS), la accesión 41 (Kunkantullu) resultó con mayor altura de planta promedio de 79.67 cm y la accesión 7 (Yuraq winchina) resultó con menor altura de planta promedio de 27 cm; mientras, bajo el efecto de sequía parcial (SP), la accesión 41 (Kunkantullu) resultó con mayor altura de planta promedio de 65.33 cm y la accesión 4 (lenguas) resultó con menor altura de planta promedio de 13.67 cm, respectivamente.

Figura 3.2

Respuesta de 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en altura de planta a los 15 días de sequía parcial (SP).



En la figura 3.2 se visualiza el efecto de sin sequía (SS) en papas nativas alcanzaron en promedio 53.5 cm de altura, al lado izquierdo se visualiza accesiones con altura menores al promedio (27 cm) y al lado derecho se visualiza accesiones con altura mayores al promedio (80 cm). El efecto de sequía parcial (SP) en papas nativas alcanzaron en promedio 39.5 cm de altura, al lado izquierdo se visualiza accesiones con altura menores al promedio (13 cm) y al lado derecho se visualiza accesiones con altura mayores al promedio (66 cm).

Comparando el efecto de sequía parcial (SP) con sin sequía (SS), se observa que la sequía parcial generó un retraso en el incremento de altura de planta en papas nativas diploides y tetraploides. (Bedogni et al., 2016) evaluó 10 genotipos de papa (*Solanum* spp.) donde reporto que hubo un efecto significativo entre los genotipos y la sequía con déficit (riego a mitad de capacidad de campo) sobre la altura de planta a los 31 días de sequía inducida, donde el control (riego a capacidad de campo) presentaron significativamente mayor altura de planta en comparación de sequía con déficit.

A. Número de hojas

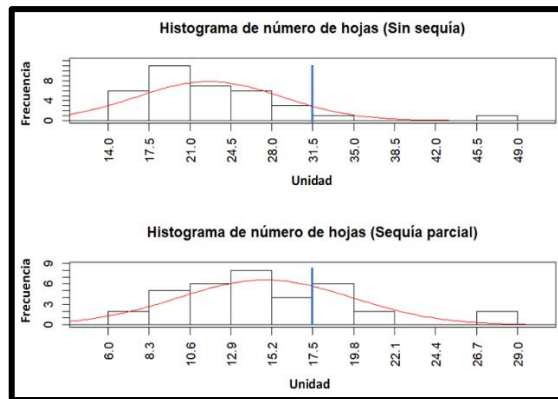
Tabla 3.3 Comparación de medias de los efectos simples de sin sequía (SS) y sequía parcial (SP) en número de hojas de las 35 accesiones de papa nativa diploides (2X) y tetraploides (4X).

Efecto de sin sequía (SS) en número de hojas				Efecto de sequía parcial (SP) en número de hojas			
Accesiones	Ploidía	Prom. Nro hojas (Unid.)	DLS (0.05)	Accesiones	Ploidía	Prom. Nro hojas (Unid.)	DLS (0.05)
A57	2n=4X=48	48.67	a	A57	2n=4X=48	29.00	a
A21	2n=2x=24	32.00	b	A28	2n=2x=24	28.33	a b
A2	2n=2x=24	30.33	b c	A4	2n=4X=48	21.33	b c
A28	2n=2x=24	29.00	b c d	A29	2n=2x=24	21.00	b c
A60	2n=2x=24	28.33	b c d e	A21	2n=2x=24	19.67	c d
A41	2n=4X=48	26.00	c d e f	A58	2n=4X=48	19.33	c d
A18	2n=4X=48	26.00	c d e f	A2	2n=2x=24	19.33	c d
A64	2n=4X=48	25.33	c d e f g	A18	2n=4X=48	19.33	c d
A13	2n=4X=48	25.33	c d e f g	A61	2n=2x=24	19.00	c d e
A5	2n=4X=48	25.00	c d e f g h	A32	2n=2x=24	17.67	c d e f
A61	2n=2x=24	24.67	d e f g h i	A7	2n=2x=24	16.67	c d e f g
A36	2n=4X=48	23.33	e f g h i j	A54	2n=2x=24	16.67	c d e f g
A4	2n=4X=48	23.00	e f g h i j k	A16	2n=4X=48	16.67	c d e f g
A15	2n=4X=48	23.00	e f g h i j k	A63	2n=4X=48	15.33	c d e f g h
A58	2n=4X=48	22.33	f g h i j k l	A42	2n=4X=48	15.00	c d e f g h
A63	2n=4X=48	22.33	f g h i j k l	A60	2n=2x=24	15.00	c d e f g h
A16	2n=4X=48	22.00	f g h i j k l	A64	2n=4X=48	14.67	c d e f g h
A29	2n=2x=24	21.00	f g h i j k l m	A41	2n=4X=48	14.33	c d e f g h
A42	2n=4X=48	20.33	g h i j k l m	A13	2n=4X=48	14.33	c d e f g h
A7	2n=2x=24	20.00	g h i j k l m	A33	2n=4X=48	14.00	c d e f g h
A48	2n=2x=24	19.67	h i j k l m	A35	2n=4X=48	13.33	d e f g h i
A40	2n=2x=24	19.33	i j k l m n	A56	2n=4X=48	13.00	d e f g h i
A32	2n=2x=24	19.33	i j k l m n	A9	2n=4X=48	12.33	d e f g h i
A25	2n=4X=48	19.33	i j k l m n	A55	2n=2x=24	11.67	e f g h i
A50	2n=4X=48	19.00	j k l m n	A46	2n=4X=48	11.67	e f g h i
A56	2n=4X=48	19.00	j k l m n	A40	2n=2x=24	11.67	e f g h i
A31	2n=4X=48	18.33	j k l m n	A36	2n=4X=48	11.33	f g h i
A9	2n=4X=48	17.67	k l m n	A31	2n=4X=48	10.67	f g h i
A54	2n=2x=24	17.67	k l m n	A25	2n=4X=48	10.00	g h i
A1	2n=4X=48	17.33	l m n	A5	2n=4X=48	9.00	h i
A55	2n=2x=24	16.00	m n	A1	2n=4X=48	8.33	h i
A35	2n=4X=48	15.67	m n	A15	2n=4X=48	8.33	h i
A33	2n=4X=48	15.67	m n	A50	2n=4X=48	8.33	h i
A49	2n=4X=48	14.00	n	A49	2n=4X=48	8.00	h i
A46	2n=4X=48	14.00	n	A48	2n=2x=24	6.00	i

En la comparación de medias de los efectos simples en número de hojas (Tabla 3.3), bajo el efecto del sin sequía (SS), la accesión 57 (Qachirva) resultó con mayor número de hojas promedio de 48.67 unidades y la accesión 46 (Tumbay) resultó con menor número de hojas promedio de 14 unidades; mientras, bajo el efecto de sequía parcial (SP), la accesión 57 (Qachirva) resultó con mayor número de hojas promedio de 29 unidades y la accesión 48 (Taragallo) resultó con menor número de hojas promedio de 6 unidades, respectivamente.

Figura 3.3

Respuesta de 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en número de hojas a los 15 días de sequía parcial.



En la figura 3.3 se visualiza el efecto de sin sequía (SS) en papas nativas alcanzaron en promedio 31.5 unidades de número de hojas, al lado izquierdo se visualiza accesiones con número de hojas menores al promedio (14 unidades) y al lado derecho se visualiza accesiones con número de hojas mayores al promedio (49 unidades). El efecto de sequía parcial (SP) en papas nativas alcanzaron en promedio 17.5 unidades de número de hojas, al lado izquierdo se visualiza accesiones con número de hojas menores al promedio (6 unidades) y al lado derecho se visualiza accesiones con número de hojas mayores al promedio (29 unidades).

Comparando el efecto de sequía parcial (SP) con sin sequía (SS), se observa que la sequía parcial generó un retraso en el incremento de número de hojas en papas nativas diploides y tetraploides.

B. Número de tallos

Tabla 3.4

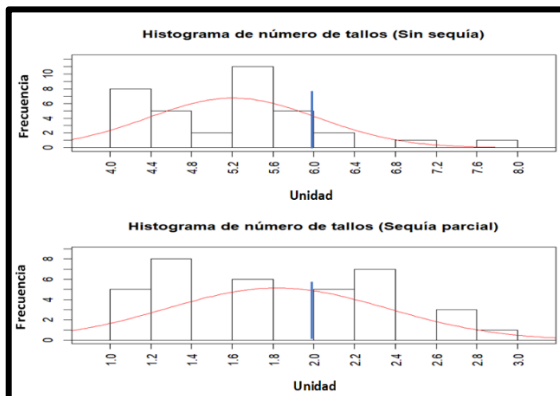
Comparación de medias de los efectos simples de sin sequía (SS) y sequía parcial (SP) en número de tallos de las 35 accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X).

Efecto de sin sequía (SS) en número de tallos				Efecto de sequía parcial (SP) en número de tallos			
Accesiones	Ploidía	Prom. Nro tallos (Unid.)	DLS (0.05)	Accesiones	Ploidía	Prom. Nro tallos (Unid.)	DLS (0.05)
A57	2n=4X=48	8.00	a	A29	2n=2x=24	3.00	a
A49	2n=4X=48	7.00	a b	A57	2n=4X=48	2.67	a b
A18	2n=4X=48	6.00	b c	A18	2n=4X=48	2.67	a b
A13	2n=4X=48	6.00	b c	A36	2n=4X=48	2.67	a b
A40	2n=2x=24	5.67	c d	A50	2n=4X=48	2.33	a b c
A5	2n=4X=48	5.67	c d	A63	2n=4X=48	2.33	a b c
A4	2n=4X=48	5.67	c d	A61	2n=2x=24	2.33	a b c
A15	2n=4X=48	5.67	c d	A4	2n=4X=48	2.33	a b c
A21	2n=2x=24	5.67	c d	A2	2n=2x=24	2.33	a b c
A9	2n=4X=48	5.33	c d e	A35	2n=4X=48	2.33	a b c
A60	2n=2x=24	5.33	c d e	A28	2n=2x=24	2.33	a b c
A36	2n=4X=48	5.33	c d e	A64	2n=4X=48	2.00	a b c d
A58	2n=4X=48	5.33	c d e	A42	2n=4X=48	2.00	a b c d
A64	2n=4X=48	5.33	c d e	A58	2n=4X=48	2.00	a b c d
A2	2n=2x=24	5.33	c d e	A25	2n=4X=48	2.00	a b c d
A7	2n=2x=24	5.33	c d e	A21	2n=2x=24	2.00	a b c d
A28	2n=2x=24	5.33	c d e	A9	2n=4X=48	1.67	b c d
A61	2n=2x=24	5.33	c d e	A13	2n=4X=48	1.67	b c d
A31	2n=4X=48	5.33	c d e	A56	2n=4X=48	1.67	b c d
A29	2n=2x=24	5.33	c d e	A16	2n=4X=48	1.67	b c d
A63	2n=4X=48	5.00	c d e f	A40	2n=2x=24	1.67	b c d
A42	2n=4X=48	5.00	c d e f	A31	2n=4X=48	1.67	b c d
A54	2n=2x=24	4.67	d e f	A54	2n=2x=24	1.33	c d
A41	2n=4X=48	4.67	d e f	A60	2n=2x=24	1.33	c d
A35	2n=4X=48	4.67	d e f	A41	2n=4X=48	1.33	c d
A33	2n=4X=48	4.67	d e f	A48	2n=2x=24	1.33	c d
A32	2n=2x=24	4.67	d e f	A49	2n=4X=48	1.33	c d
A25	2n=4X=48	4.33	e f	A5	2n=4X=48	1.33	c d
A16	2n=4X=48	4.33	e f	A33	2n=4X=48	1.33	c d
A1	2n=4X=48	4.33	e f	A32	2n=2x=24	1.33	c d
A50	2n=4X=48	4.33	e f	A55	2n=2x=24	1.00	d
A56	2n=4X=48	4.33	e f	A46	2n=4X=48	1.00	d
A55	2n=2x=24	4.33	e f	A7	2n=2x=24	1.00	d
A48	2n=2x=24	4.33	e f	A1	2n=4X=48	1.00	d
A46	2n=4X=48	4.00	f	A15	2n=4X=48	1.00	d

En la comparación de medias de los efectos simples en número de hojas (Tabla 3.4), bajo el efecto de sin sequía (SS), la accesión 57 (Qachirva) resultó con mayor número promedio de tallos de 8 unidades y la accesión 46 (Tumbay) resultó con menor número promedio de tallos de 4 unidades; mientras, bajo el efecto de sequía parcial (SP), la accesión 29 (Wincuello) resultó con mayor número promedio de tallos de 3 unidades y la accesión 15 (Puka sawinto) resultó con menor número promedio de tallos de 1 unidad, respectivamente.

Figura 3.4

Respuesta de 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en número de tallos a los 15 días de sequía parcial.



En la figura 3.4 se visualiza el efecto de sin sequía (SS) en papas nativas alcanzaron en promedio 6 unidades de número de tallos, al lado izquierdo se visualiza accesiones con número de tallos menores al promedio (4 unidades) y al lado derecho se visualiza accesiones con número de tallos mayores al promedio (8 unidades). El efecto de sequía parcial (SP) en papas nativas alcanzaron en promedio 2 unidades de número de tallos, al lado izquierdo se visualiza accesiones con número de tallos menores al promedio (1 unidades) y al lado derecho se visualiza accesiones con número de tallos mayores al promedio (3 unidades).

Comparando el efecto de sequía parcial (SP) con sin sequía (SS), se observa que la sequía parcial generó un retraso en el incremento de número de tallos en papas nativas diploides y tetraploides. (Bedogni et al., 2016) evaluó 10 genotipos de papa (*Solanum* spp.) donde reporto que no hubo un efecto significativo entre los genotipos y la sequía con déficit (riego a mitad de capacidad de campo) en número de tallos a los 31 días de sequía inducida.

C. Área de frondosidad

Tabla 3.5

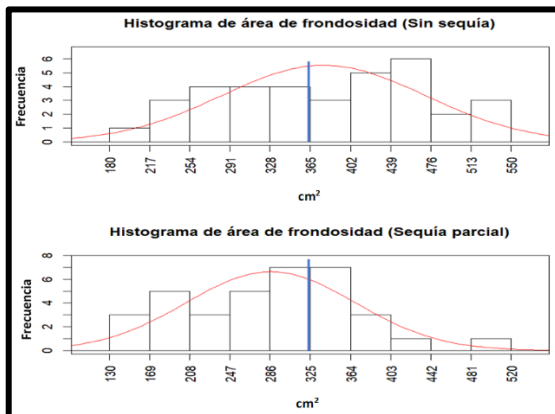
Comparación de medias de los efectos simples de sin sequía (SS) y sequía parcial (SP) en área de frondosidad de las accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X).

Efecto de sin sequía (SS) en área de frondosidad				Efecto de sequía parcial (SP) en área de frondosidad			
Accesiones	Ploidía	Prom. AF(cm ²)	DLS (0.05)	Accesiones	Ploidía	Prom. AF(cm ²)	DLS (0.05)
A2	2n=2x=24	542.00	a	A2	2n=2x=24	516.67	a
A15	2n=4X=48	541.67	a	A28	2n=2x=24	433.33	a b
A58	2n=4X=48	519.00	a b	A58	2n=4X=48	391.67	b c
A61	2n=2x=24	479.33	a b c	A63	2n=4X=48	366.67	b c d
A13	2n=4X=48	477.33	a b c	A60	2n=2x=24	366.67	b c d
A31	2n=4X=48	471.00	a b c d	A18	2n=4X=48	358.33	b c d
A40	2n=2x=24	458.67	b c d e	A16	2n=4X=48	358.33	b c d
A60	2n=2x=24	458.67	b c d e	A64	2n=4X=48	350.00	b c d e
A57	2n=4X=48	456.33	b c d e	A57	2n=4X=48	350.00	b c d e
A63	2n=4X=48	448.33	b c d e	A13	2n=4X=48	329.33	b c d e f
A29	2n=2x=24	446.00	b c d e	A35	2n=4X=48	325.00	b c d e f
A28	2n=2x=24	435.00	c d e	A9	2n=4X=48	325.00	b c d e f
A21	2n=2x=24	433.67	c d e f	A29	2n=2x=24	318.67	c d e f g
A25	2n=4X=48	427.00	c d e f g	A61	2n=2x=24	316.67	c d e f g
A18	2n=4X=48	415.00	c d e f g h	A40	2n=2x=24	316.67	c d e f g
A32	2n=2x=24	412.67	c d e f g h	A42	2n=4X=48	314.67	c d e f g
A16	2n=4X=48	396.33	d e f g h i	A21	2n=2x=24	308.33	c d e f g
A5	2n=4X=48	396.00	d e f g h i	A4	2n=4X=48	306.33	c d e f g
A41	2n=4X=48	388.00	e f g h i j	A33	2n=4X=48	293.67	c d e f g h
A64	2n=4X=48	358.67	f g h i j k	A41	2n=4X=48	283.67	c d e f g h i
A42	2n=4X=48	356.33	g h i j k	A5	2n=4X=48	283.33	c d e f g h i
A9	2n=4X=48	343.33	h i j k l	A7	2n=2x=24	275.00	d e f g h i j
A35	2n=4X=48	335.67	i j k l m	A32	2n=2x=24	267.00	d e f g h i j
A48	2n=2x=24	317.00	j k l m n	A1	2n=4X=48	258.33	d e f g h i j
A4	2n=4X=48	316.67	j k l m n	A15	2n=4X=48	241.67	e f g h i j k
A1	2n=4X=48	304.33	k l m n	A36	2n=4X=48	238.00	e f g h i j k
A33	2n=4X=48	300.00	k l m n o	A49	2n=4X=48	216.67	f g h i j k
A36	2n=4X=48	290.00	k l m n o	A25	2n=4X=48	204.67	g h i j k
A7	2n=2x=24	271.00	l m n o	A46	2n=4X=48	187.67	h i j k
A49	2n=4X=48	262.33	m n o	A50	2n=4X=48	187.33	h i j k
A54	2n=2x=24	256.33	n o p	A48	2n=2x=24	175.33	i j k
A50	2n=4X=48	241.67	n o p	A56	2n=4X=48	171.00	i j k
A46	2n=4X=48	227.00	o p	A54	2n=2x=24	167.00	j k
A56	2n=4X=48	225.00	o p	A31	2n=4X=48	162.67	j k
A55	2n=2x=24	181.33	p	A55	2n=2x=24	138.00	k

En la comparación de medias de los efectos simples en número de hojas (Tabla 3.5), bajo el efecto de sin sequía (SS), la accesión 2 (Peruanita) resultó con mayor promedio de frondosidad de 542 cm² y la accesión 55 (PN8) resultó con menor promedio de frondosidad de 181.33 cm²; mientras, bajo el efecto de sequía parcial (SP), la accesión 2 (Peruanita) resultó con mayor promedio de frondosidad de 516.67 cm² y la accesión 55 (PN8) resultó con menor promedio de frondosidad de 138 cm², respectivamente.

Figura 3.5

Respuesta de 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en área de frondosidad a los 15 días de sequía parcial.



En la figura 3.5 se visualiza el efecto de sin sequía (SS) en papas nativas alcanzaron en promedio 365 cm^2 de área de frondosidad, al lado izquierdo se visualiza accesiones con área de frondosidad menores al promedio (180 cm^2) y al lado derecho se visualiza accesiones con área de frondosidad mayores al promedio (550 cm^2). El efecto de sequía parcial (SP) en papas nativas alcanzaron en promedio 325 cm^2 de área de frondosidad, al lado izquierdo se visualiza accesiones con área de frondosidad menores al promedio (130 cm^2) y al lado derecho se visualiza accesiones con área de frondosidad mayores al promedio (520 cm^2).

Comparando el efecto de sequía parcial (SP) con sin sequía (SS), se observa que la sequía parcial generó un retraso en el incremento de área de frondosidad en papas nativas diploides y tetraploides. Castillo (2013) observó que el promedio del área foliar de las variedades (clones) se ve favorecido por el tratamiento con riego normal, obteniendo así una mayor área foliar en comparación con el tratamiento de sequía, debido a la baja disponibilidad de agua. Este fenómeno se debe a un desbalance hídrico en el sistema suelo-agua-planta-atmósfera, que resulta en una disminución del área foliar para reducir la pérdida de agua a través de la transpiración.

D. Número de tubérculos

Tabla 3.6

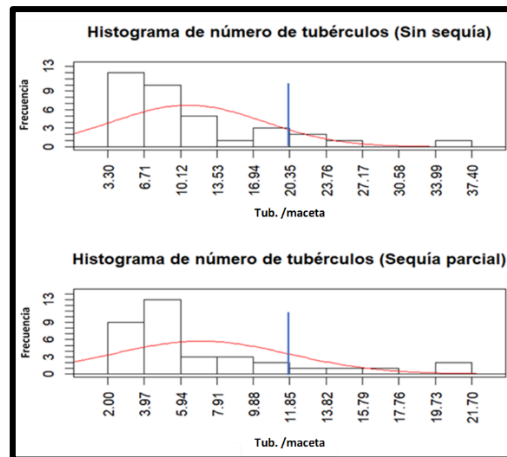
Comparación de medias de los efectos simples de sin sequía (SS) y sequía parcial (SP) en número de tubérculos de las 35 accesiones de papa nativa diploides (2X) y tetraploides (4X).

Efecto de sin sequía (SS) en número de tubérculos				Efecto de sequía parcial (SP) en número de tubérculos			
Accesiones (A)	Ploidía	Prom. Nro. Tubérculos (tub./maceta)	DLS (0.05)	Accesiones (A)	Ploidía	Prom. Nro. Tubérculos (tub./maceta)	DLS (0.05)
A16	2n=4X=48	37.33	a	A16	2n=4X=48	21.67	a
A1	2n=4X=48	26.67	b	A2	2n=2x=24	21.67	a
A2	2n=2x=24	23.00	c	A28	2n=2x=24	16.00	b
A28	2n=2x=24	20.67	c d	A13	2n=4X=48	15.33	b
A57	2n=4X=48	18.33	d e	A57	2n=4X=48	13.33	b c
A13	2n=4X=48	17.67	e	A7	2n=2x=24	11.00	c d
A18	2n=4X=48	17.33	e	A18	2n=4X=48	10.00	c d e
A40	2n=2x=24	16.33	e	A5	2n=4X=48	8.67	d e f
A58	2n=4X=48	13.33	f	A15	2n=4X=48	8.33	d e f g
A7	2n=2x=24	12.67	f g	A40	2n=2x=24	8.00	d e f g h
A61	2n=2x=24	11.67	f g h	A1	2n=4X=48	7.00	e f g h
A63	2n=4X=48	11.67	f g h	A21	2n=2x=24	6.67	e f g h
A60	2n=2x=24	10.33	g h i	A46	2n=4X=48	6.33	f g h i
A49	2n=4X=48	9.33	h i j	A63	2n=4X=48	5.67	f g h i j
A29	2n=2x=24	9.00	i j	A60	2n=2x=24	5.67	f g h i j
A5	2n=4X=48	9.00	i j	A61	2n=2x=24	5.67	f g h i j
A56	2n=4X=48	8.67	i j	A49	2n=4X=48	5.67	f g h i j
A15	2n=4X=48	8.33	i j k	A36	2n=4X=48	5.67	f g h i j
A46	2n=4X=48	8.33	i j k	A9	2n=4X=48	5.33	f g h i j k
A41	2n=4X=48	8.33	i j k	A58	2n=4X=48	5.33	f g h i j k
A21	2n=2x=24	8.33	i j k	A29	2n=2x=24	5.33	f g h i j k
A42	2n=4X=48	7.33	j k l	A42	2n=4X=48	5.00	g h i j k
A64	2n=4X=48	7.00	j k l m	A56	2n=4X=48	5.00	g h i j k
A36	2n=4X=48	6.00	k l m n	A64	2n=4X=48	4.67	h i j k
A9	2n=4X=48	6.00	k l m n	A50	2n=4X=48	4.67	h i j k
A50	2n=4X=48	5.67	l m n o	A4	2n=4X=48	4.67	h i j k
A4	2n=4X=48	5.67	l m n o	A33	2n=4X=48	3.00	i j k
A32	2n=2x=24	5.33	l m n o	A32	2n=2x=24	2.67	j k
A31	2n=4X=48	5.00	l m n o	A48	2n=2x=24	2.67	j k
A25	2n=4X=48	5.00	l m n o	A35	2n=4X=48	2.67	j k
A35	2n=4X=48	4.67	m n o	A31	2n=4X=48	2.67	j k
A54	2n=2x=24	4.33	n o	A54	2n=2x=24	2.33	j k
A55	2n=2x=24	4.33	n o	A55	2n=2x=24	2.33	j k
A48	2n=2x=24	3.33	o	A41	2n=4X=48	2.00	k
A33	2n=4X=48	3.33	o	A25	2n=4X=48	2.00	k

En la comparación de medias de los efectos simples en el número de tubérculos (Tabla 3.6), bajo el efecto de sin sequía (SS), la accesión 16 (Mariva) resultó con mayor número de tubérculos promedio de 37.33 tubérculo/maceta y la accesión 33 (PN5) resultó con menor número de tubérculos promedio de 3.33 tubérculo/maceta; mientras, bajo el efecto de sequía parcial (SP), la accesión 16 (Mariva) resultó con mayor número de tubérculos promedio de 21.67 tubérculo/maceta y la accesión 25 (Cuchi) resultó con menor número de tubérculos promedio de 2.0 tubérculo/maceta, respectivamente.

Figura 3.6.

Respuesta de 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en número de tubérculos a los 15 días de sequía parcial.



En la figura 3.6 se visualiza el efecto de sin sequía (SS) en papas nativas alcanzaron en promedio 20.35 tubérculo/maceta de número de tubérculos, al lado izquierdo se visualiza accesiones con número de tubérculos menores al promedio (3.3 tubérculos/maceta) y al lado derecho se visualiza accesiones con número de tubérculos mayores al promedio (37.40 tubérculos/maceta). El efecto de sequía parcial (SP) en papas nativas alcanzaron en promedio 11.85 tubérculos/maceta de número de tubérculos, al lado izquierdo se visualiza accesiones con número de tubérculos menores al promedio (2 tubérculos/maceta) y al lado derecho se visualiza accesiones con número de tubérculos mayores al promedio (21.70 tubérculos/maceta).

Comparando el efecto de sequía parcial (SP) con sin sequía (SS), se observa que la sequía parcial generó un retraso en el incremento de número de tubérculos en papas nativas diploides y tetraploides. Inga (2014) evaluó 21 genotipos de papa (*Solanum* sp.) en condición de invernadero, donde para los niveles del factor nivel de estrés (sin estrés, estrés por 15 días) en número de tubérculos no mostraron diferencia significativa donde el nivel sin estrés registró un promedio de 6.08 tubérculos/plta y para el nivel estrés de 15 días tuvo un promedio de 6.06 tubérculos/plta. (Bedogni et al., 2016) evaluó 10 genotipos de papa (*Solanum* spp.) donde reportó que hubo un efecto significativo entre los genotipos y la sequía con déficit (riego a mitad de capacidad de campo) sobre el número de tubérculos a los 31 días de sequía inducida, donde el control (riego a capacidad de campo) presentaron significativamente mayor número de tubérculos en comparación de sequía con déficit.

E. Peso de tubérculo

Tabla 3.7

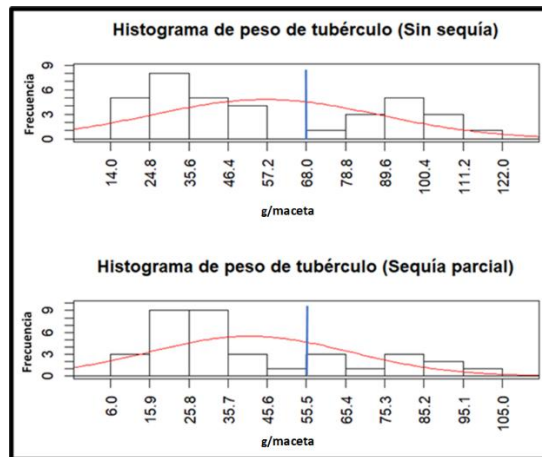
Comparación de medias de los efectos simples de sin sequía (SS) y sequía parcial (SP) en peso de tubérculos de las 35 accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X).

Efecto de sin sequía (SS) en el peso de tubérculo				Efecto de sequía parcial (SP) en el peso de tubérculo			
Accesiones (A)	Ploidía	Prom. Peso de tubérculo(g/maceta)	DLS (0.05)	Accesiones (A)	Ploidía	Prom. Peso de tubérculo(g/maceta)	DLS (0.05)
A63	2n=4X=48	121.27	a	A63	2n=4X=48	104.32	a
A16	2n=4X=48	106.59	b	A16	2n=4X=48	90.65	b
A64	2n=4X=48	104.45	b c	A57	2n=4X=48	87.13	b c
A15	2n=4X=48	102.69	b c d	A64	2n=4X=48	82.83	b c
A57	2n=4X=48	96.40	b c d	A28	2n=2x=24	82.06	b c
A61	2n=2x=24	96.03	b c d	A2	2n=2x=24	77.94	c
A2	2n=2x=24	94.85	c d	A13	2n=4X=48	66.97	d
A28	2n=2x=24	92.59	d e	A21	2n=2x=24	62.86	d
A60	2n=2x=24	91.44	d e f	A58	2n=4X=48	60.74	d
A58	2n=4X=48	81.78	e f g	A60	2n=2x=24	60.37	d
A40	2n=2x=24	80.43	f g	A15	2n=4X=48	45.76	e
A21	2n=2x=24	80.10	f g	A40	2n=2x=24	43.61	e f
A13	2n=4X=48	78.52	g	A61	2n=2x=24	42.04	e f g
A18	2n=4X=48	56.54	h	A18	2n=4X=48	40.22	e f g h
A35	2n=4X=48	52.64	h	A1	2n=4X=48	34.59	f g h i
A1	2n=4X=48	52.05	h i	A35	2n=4X=48	34.24	g h i j
A41	2n=4X=48	49.76	h i j	A41	2n=4X=48	32.79	g h i j k
A29	2n=2x=24	40.95	i j k	A7	2n=2x=24	31.63	h i j k l
A7	2n=2x=24	40.70	i j k	A42	2n=4X=48	31.28	h i j k l
A9	2n=4X=48	38.58	j k l	A29	2n=2x=24	30.32	i j k l
A36	2n=4X=48	37.25	k l	A9	2n=4X=48	30.16	i j k l
A49	2n=4X=48	37.01	k l	A33	2n=4X=48	28.76	i j k l m
A42	2n=4X=48	35.34	k l m	A36	2n=4X=48	25.91	i j k l m
A33	2n=4X=48	33.68	k l m	A55	2n=2x=24	25.51	i j k l m
A4	2n=4X=48	31.54	k l m n	A5	2n=4X=48	25.15	j k l m n
A50	2n=4X=48	30.79	k l m n	A56	2n=4X=48	24.73	k l m n
A46	2n=4X=48	30.10	k l m n	A31	2n=4X=48	23.99	k l m n
A56	2n=4X=48	28.72	l m n	A46	2n=4X=48	22.87	l m n
A5	2n=4X=48	27.89	l m n o	A50	2n=4X=48	22.72	l m n
A55	2n=2x=24	27.20	l m n o	A49	2n=4X=48	22.38	l m n o
A31	2n=4X=48	24.19	m n o p	A4	2n=4X=48	19.52	m n o p
A54	2n=2x=24	21.61	n o p	A32	2n=2x=24	16.00	n o p
A32	2n=2x=24	20.38	n o p	A54	2n=2x=24	13.37	o p q
A48	2n=2x=24	17.05	o p	A25	2n=4X=48	12.85	p q
A25	2n=4X=48	14.20	p	A48	2n=2x=24	6.19	q

En la comparación de medias de los efectos simples en el peso de tubérculos (Tabla 3.7), bajo el efecto de sin sequía (SS), la accesión 63 (Yungay) resultó con mayor peso de tubérculos promedio de 121.27 g/maceta y la accesión 25 (Cuchi pelo) resultó con menor peso de tubérculos promedio de 14.20 g/maceta,; mientras, bajo el efecto de sequía parcial (SP), la accesión 63 (Yungay) resultó con mayor peso de tubérculos promedio de 104.32 g/maceta y la accesión 48 (Taragallo) resultó con menor peso de tubérculos promedio de 6.19 g/maceta, respectivamente.

Figura 3.7

Respuesta de 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en peso de tubérculo a los 15 días de sequía parcial.



En la figura 3.7 se visualiza el efecto de sin sequía (SS) en papas nativas alcanzaron en promedio 68 g/maceta de peso de tubérculos, al lado izquierdo se visualiza accesiones con peso de tubérculos menores al promedio (14 g/maceta) y al lado derecho se visualiza accesiones con peso de tubérculos mayores al promedio (122 g/maceta). El efecto de sequía parcial (SP) en papas nativas alcanzaron en promedio 55.5 g/maceta de peso de tubérculos, al lado izquierdo se visualiza accesiones con peso de tubérculos menores al promedio (6 g/maceta) y al lado derecho se visualiza accesiones con peso de tubérculos mayores al promedio (105 g/maceta).

Comparando el efecto de sequía parcial (SP) con sin sequía (SS), se observa que la sequía parcial generó un retraso en el incremento de peso de tubérculos en papas nativas diploides y tetraploides. Inga (2014) evaluó 21 genotipos de papa (*Solanum* sp.) en condición de invernadero, donde para los niveles del factor nivel de estrés (sin estrés, estrés por 15 días) en peso de tubérculos mostraron diferencia significativa donde el nivel sin estrés registró un promedio de 45.57 g el cual supera estadísticamente al nivel estrés de 15 días el cual tuvo un promedio de 3.29 g. (Bedogni et al., 2016) evaluó 10 genotipos de papa (*Solanum* spp.) donde reportó que hubo un efecto significativo entre los genotipos y la sequía con déficit (riego a mitad de capacidad de campo) sobre el peso de tubérculos a los 31 días de sequía inducida, donde el control (riego a capacidad de campo) presentaron significativamente mayor peso de tubérculos en comparación de sequía con déficit. Castillo (2013) afirma que, frente a un estrés por falta de agua, se observa una disminución en el crecimiento de las células, una reducción

en el área de las hojas y una baja en la fotosíntesis, lo que, a su vez, lleva a una disminución en la producción y el rendimiento de los cultivos.

F. Materia seca de tubérculo

Tabla 3.8

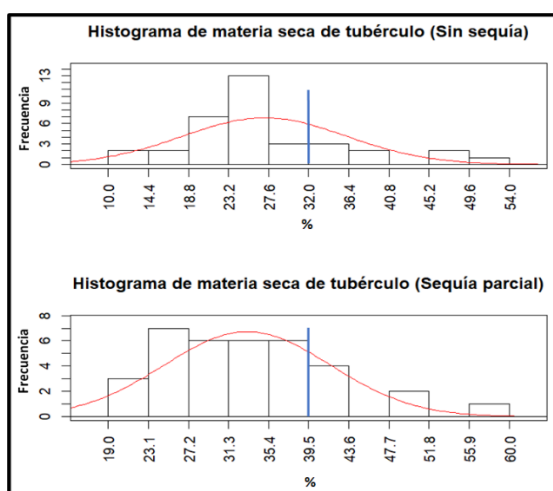
Comparación de medias de los efectos simples de sin sequía (SS), sequía parcial (SP) en materia seca de tubérculos de las 35 accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X).

Efecto de sin sequía (SS) en materia seca del tubérculo				Efecto de sequía parcial (SP) en materia seca del tubérculo			
Accesiones (A)	Ploidía	Prom. Materia seca(%)	DLS (0.05)	Accesiones (A)	Ploidía	Prom. Materia seca(%)	DLS (0.05)
A54	2n=2x=24	53.16	a	A48	2n=2x=24	59.38	a
A35	2n=4X=48	47.85	a b	A25	2n=4X=48	48.44	a b
A25	2n=4X=48	45.60	a b c	A49	2n=4X=48	48.04	a b c
A36	2n=4X=48	38.16	b c d	A54	2n=2x=24	43.58	b c d
A49	2n=4X=48	37.94	b c d e	A56	2n=4X=48	43.26	b c d
A5	2n=4X=48	35.60	c d e f	A46	2n=4X=48	41.25	b c d e
A4	2n=4X=48	33.82	d e f g	A32	2n=2x=24	39.55	b c d e f
A56	2n=4X=48	32.27	d e f g h	A1	2n=4X=48	39.26	b c d e f
A48	2n=2x=24	31.54	d e f g h i	A36	2n=4X=48	39.00	b c d e f g
A42	2n=4X=48	28.70	d e f g h i j	A41	2n=4X=48	38.59	b c d e f g h
A40	2n=2x=24	28.22	d e f g h i j	A33	2n=4X=48	36.84	c d e f g h i
A31	2n=4X=48	27.58	d e f g h i j k	A5	2n=4X=48	35.45	d e f g h i
A18	2n=4X=48	27.47	d e f g h i j k	A40	2n=2x=24	35.40	d e f g h i
A57	2n=4X=48	27.28	d e f g h i j k	A9	2n=4X=48	34.97	d e f g h i j
A33	2n=4X=48	26.81	e f g h i j k	A35	2n=4X=48	34.01	d e f g h i j k
A41	2n=4X=48	26.42	f g h i j k	A55	2n=2x=24	33.94	d e f g h i j k
A32	2n=2x=24	26.06	f g h i j k	A7	2n=2x=24	32.57	d e f g h i j k
A1	2n=4X=48	25.80	f g h i j k	A42	2n=4X=48	32.27	d e f g h i j k
A64	2n=4X=48	25.27	f g h i j k l	A18	2n=4X=48	31.30	e f g h i j k l
A29	2n=2x=24	24.35	g h i j k l	A4	2n=4X=48	30.69	e f g h i j k l
A61	2n=2x=24	24.16	g h i j k l	A21	2n=2x=24	30.00	e f g h i j k l m
A28	2n=2x=24	24.05	g h i j k l	A64	2n=4X=48	29.64	f g h i j k l m
A60	2n=2x=24	23.84	g h i j k l	A31	2n=4X=48	29.49	f g h i j k l m
A21	2n=2x=24	23.28	g h i j k l	A61	2n=2x=24	27.73	g h i j k l m
A15	2n=4X=48	22.18	h i j k l m	A50	2n=4X=48	27.27	h i j k l m
A2	2n=2x=24	21.53	h i j k l m	A60	2n=2x=24	27.16	i j k l m
A63	2n=4X=48	20.69	i j k l m	A15	2n=4X=48	27.11	i j k l m
A58	2n=4X=48	20.67	i j k l m	A57	2n=4X=48	26.48	i j k l m
A16	2n=4X=48	20.03	j k l m	A28	2n=2x=24	23.91	j k l m
A13	2n=4X=48	19.68	j k l m	A29	2n=2x=24	23.62	j k l m
A55	2n=2x=24	19.12	j k l m	A2	2n=2x=24	23.26	k l m
A50	2n=4X=48	16.70	k l m	A13	2n=4X=48	23.25	k l m
A9	2n=4X=48	16.69	k l m	A63	2n=4X=48	22.74	k l m
A46	2n=4X=48	14.21	l m	A58	2n=4X=48	20.87	l m
A7	2n=2x=24	10.92	m	A16	2n=4X=48	19.04	m

En la comparación de medias de los efectos simples en materia seca de tubérculo (Tabla 3.8), bajo el efecto de sin sequía (SS), la accesión 54 (Yana wairyu) resultó con mayor materia seca de tubérculo promedio de 53.16% y la accesión 7 (Yuraq winchina) resultó con menor materia seca de tubérculo promedio de 10.92%; mientras, bajo el efecto de sequía parcial (SP), la accesión 48 (Taragalto) resultó con mayor materia seca de tubérculo promedio de 59.38% y la accesión 16 (Mariva) resultó con menor materia seca de tubérculo promedio de 19.04%, respectivamente.

Figura 3.8

Respuesta de 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en materia seca de tubérculo a los 15 días de sequía parcial.



En la figura 3.8 se visualiza el efecto de sin sequía (SS) en papas nativas alcanzaron en promedio 32 % de materia seca de tubérculos, al lado izquierdo se visualiza accesiones con materia seca de tubérculos menores al promedio (10 %) y al lado derecho se visualiza accesiones con materia seca de tubérculos mayores al promedio (54 %). El efecto de sequía parcial (SP) en papas nativas alcanzaron en promedio 39.5 % de materia seca de tubérculos, al lado izquierdo se visualiza accesiones con materia seca de tubérculos menores al promedio (19 %) y al lado derecho se visualiza accesiones con materia seca de tubérculos mayores al promedio (60 %).

Comparando el efecto de sequía parcial (SP) con sin sequía (SS), se observa que la sequía parcial generó un avance en el incremento de materia seca de tubérculos en papas nativas diploides y tetraploides. Inga (2014) evaluó 21 genotipos de papa (*Solanum* sp.) en condición de invernadero, donde para los niveles del factor nivel de estrés (sin estrés, estrés por 15 días) en materia seca de tubérculos mostraron diferencia significativa donde el nivel sin estrés registró un promedio de 7.78 g el cual supera estadísticamente al nivel estrés de 15 días el cual tuvo un promedio de 6.31 g.

G. Materia seca aéreo de la planta

Tabla 3.9

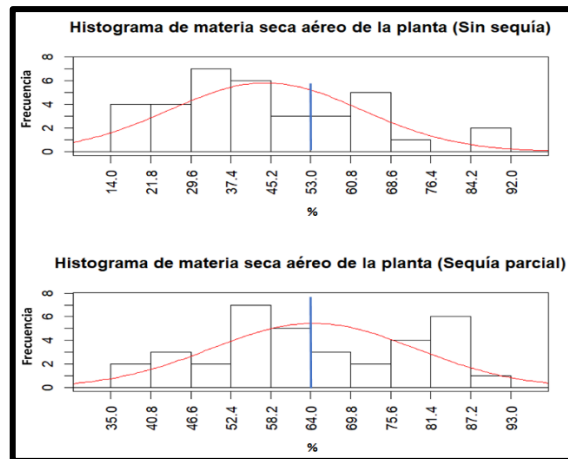
Comparación de medias de los efectos simples de sin sequía (SS), sequía parcial (SP) en materia seca aéreo de las 35 accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X).

Efecto de sin sequía (SS) en materia seca aéreo de la planta				Efecto de sequía parcial (SP) en materia seca aéreo de la planta			
Accesiones (A)	Ploidía	Prom. Materia seca(%)	DLS (0.05)	Accesiones (A)	Ploidía	Prom. Materia seca(%)	DLS (0.05)
A58	2n=4X=48	91.40	a	A29	2n=2x=24	92.75	a
A13	2n=4X=48	88.23	a	A58	2n=4X=48	85.42	a b
A48	2n=2x=24	71.78	b	A50	2n=4X=48	83.49	a b c
A29	2n=2x=24	66.84	b c	A1	2n=4X=48	82.36	a b c
A60	2n=2x=24	64.88	b c d	A54	2n=2x=24	82.33	a b c d
A54	2n=2x=24	64.82	b c d	A49	2n=4X=48	82.13	a b c d
A46	2n=4X=48	64.59	b c d	A13	2n=4X=48	81.92	a b c d e
A4	2n=4X=48	62.76	b c d	A31	2n=4X=48	79.93	a b c d e f
A15	2n=4X=48	60.23	c d e	A63	2n=4X=48	79.35	a b c d e f
A16	2n=4X=48	58.77	c d e f	A46	2n=4X=48	78.37	a b c d e f g
A1	2n=4X=48	55.18	d e f g	A16	2n=4X=48	78.27	a b c d e f g
A57	2n=4X=48	51.33	e f g h	A40	2n=2x=24	73.28	a b c d e f g h
A31	2n=4X=48	47.99	f g h i	A36	2n=4X=48	69.84	b c d e f g h i
A40	2n=2x=24	47.01	g h i j	A48	2n=2x=24	68.59	b c d e f g h i
A64	2n=4X=48	44.05	h i j k	A32	2n=2x=24	67.70	b c d e f g h i
A25	2n=4X=48	43.91	h i j k	A5	2n=4X=48	67.43	b c d e f g h i j
A33	2n=4X=48	43.67	h i j k	A35	2n=4X=48	63.30	c d e f g h i j k
A63	2n=4X=48	43.02	h i j k	A42	2n=4X=48	63.15	c d e f g h i j k
A5	2n=4X=48	41.72	h i j k l	A33	2n=4X=48	61.78	d e f g h i j k l
A36	2n=4X=48	41.53	h i j k l	A41	2n=4X=48	61.40	e f g h i j k l
A61	2n=2x=24	37.15	i j k l m	A2	2n=2x=24	61.28	f g h i j k l
A42	2n=4X=48	36.70	j k l m	A55	2n=2x=24	58.16	g h i j k l m
A2	2n=2x=24	35.84	k l m	A60	2n=2x=24	54.69	h i j k l m n
A28	2n=2x=24	34.53	k l m n	A25	2n=4X=48	54.48	h i j k l m n
A18	2n=4X=48	33.10	k l m n	A56	2n=4X=48	54.17	h i j k l m n
A50	2n=4X=48	31.34	l m n	A15	2n=4X=48	54.15	h i j k l m n
A49	2n=4X=48	30.34	m n o	A4	2n=4X=48	53.64	h i j k l m n
A56	2n=4X=48	29.52	m n o	A57	2n=4X=48	52.95	h i j k l m n
A21	2n=2x=24	29.47	m n o	A9	2n=4X=48	51.76	i j k l m n
A35	2n=4X=48	28.66	m n o	A64	2n=4X=48	47.03	j k l m n
A9	2n=4X=48	24.64	n o p	A7	2n=2x=24	44.99	k l m n
A55	2n=2x=24	19.88	o p	A28	2n=2x=24	43.48	k l m n
A32	2n=2x=24	19.80	o p	A21	2n=2x=24	42.21	l m n
A7	2n=2x=24	16.53	p	A18	2n=4X=48	39.62	m n
A41	2n=4X=48	14.08	p	A61	2n=2x=24	35.89	n

En la comparación de medias de los efectos simples en materia seca aéreo de la planta (Tabla 3.9), bajo el efecto de sin sequía (SS), la accesión 58 (Papa fuerte) resultó con mayor materia seca aéreo de la planta promedio de 91.40% y la accesión 41 (Kunkantullu) resultó con menor materia seca aéreo de la planta promedio de 14.08%; mientras, bajo el efecto de sequía parcial (SP), la accesión 29 (Wincuello) resultó con mayor materia seca aéreo de la planta promedio de 92.75% y la accesión 61 (Qori sunqu) resultó con menor materia seca aéreo de la planta promedio de 35.89%, respectivamente.

Figura 3.9

Respuesta de 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en materia seca aéreo de la planta a los 15 días de sequía parcial.



En la figura 3.9 se visualiza el efecto de sin sequía (SS) en papas nativas alcanzaron en promedio 53 % de materia seca aéreo de la planta, al lado izquierdo se visualiza accesiones con materia seca aéreo de la planta menores al promedio (14 %) y al lado derecho se visualiza accesiones con materia seca aéreo de la planta mayores al promedio (92 %). El efecto de sequía parcial (SP) en papas nativas alcanzaron en promedio 64 % de materia seca aéreo de la planta, al lado izquierdo se visualiza accesiones con materia seca aéreo de la planta menores al promedio (35 %) y al lado derecho se visualiza accesiones con materia seca aéreo de la planta mayores al promedio (93 %).

Comparando el efecto de sequía parcial (SP) con sin sequía (SS), se observa que la sequía parcial generó un avance en el incremento de materia seca aéreo de la planta en papas nativas diploides y tetraploides. Inga (2014) evaluó 21 genotipos de papa (*Solanum* sp.) en condición de invernadero, donde para los niveles del factor nivel de estrés (sin estrés, estrés por 15 días) en materia seca de follaje mostraron diferencia significativa donde el nivel sin estrés registró un promedio de 1.08 g el cual supera estadísticamente al nivel estrés de 15 días el cual tuvo un promedio de 0.87 g.

H. Materia seca de la raíz

Tabla 3.10

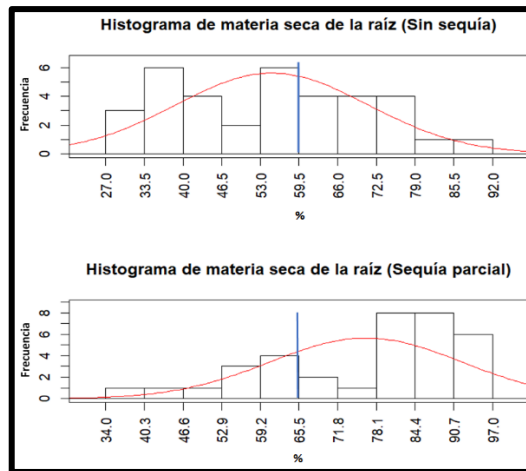
Comparación de medias de los efectos simples de sin sequía (SS), sequía parcial (SP) en materia seca de la raíz de las 35 accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X).

Efecto de sin sequía (SS) en materia seca de raíz				Efecto de sequía parcial (SP) en materia seca de raíz			
Accesiones (A)	Ploidía	Prom. Materia seca(%)	DLS (0.05)	Accesiones (A)	Ploidía	Prom. Materia seca(%)	DLS (0.05)
A15	2n=4X=48	91.15	a	A61	2n=2x=24	96.90	a
A42	2n=4X=48	83.17	a b	A1	2n=4X=48	94.87	a
A31	2n=4X=48	74.64	a b c	A48	2n=2x=24	94.38	a
A13	2n=4X=48	73.78	b c d	A21	2n=2x=24	92.66	a b
A64	2n=4X=48	73.41	b c d e	A58	2n=4X=48	92.53	a b
A54	2n=2x=24	73.11	b c d e f	A29	2n=2x=24	91.49	a b
A48	2n=2x=24	71.61	b c d e f g	A63	2n=4X=48	88.69	a b c
A1	2n=4X=48	71.10	b c d e f g h	A28	2n=2x=24	88.60	a b c
A58	2n=4X=48	70.39	b c d e f g h	A60	2n=2x=24	88.24	a b c
A4	2n=4X=48	67.19	b c d e f g h i	A31	2n=4X=48	88.01	a b c d
A46	2n=4X=48	64.67	c d e f g h i	A18	2n=4X=48	87.41	a b c d
A63	2n=4X=48	63.73	c d e f g h i j	A64	2n=4X=48	87.03	a b c d
A2	2n=2x=24	62.53	c d e f g h i j k	A54	2n=2x=24	86.20	a b c d
A29	2n=2x=24	60.74	c d e f g h i j k l	A40	2n=2x=24	85.18	a b c d
A28	2n=2x=24	59.48	c d e f g h i j k l	A36	2n=4X=48	84.23	a b c d e
A61	2n=2x=24	57.51	d e f g h i j k l m	A15	2n=4X=48	83.93	a b c d e
A33	2n=4X=48	56.46	e f g h i j k l m	A42	2n=4X=48	83.93	a b c d e
A21	2n=2x=24	56.15	f g h i j k l m	A57	2n=4X=48	83.27	a b c d e
A36	2n=4X=48	55.76	g h i j k l m	A46	2n=4X=48	82.42	a b c d e f
A60	2n=2x=24	54.42	h i j k l m n	A16	2n=4X=48	81.18	a b c d e f
A57	2n=4X=48	52.66	i j k l m n o	A41	2n=4X=48	81.17	a b c d e f
A18	2n=4X=48	47.18	j k l m n o p	A7	2n=2x=24	79.31	a b c d e f g
A40	2n=2x=24	46.16	k l m n o p	A33	2n=4X=48	72.98	b c d e f g h
A50	2n=4X=48	45.87	k l m n o p	A2	2n=2x=24	69.00	c d e f g h
A49	2n=4X=48	42.52	l m n o p q	A56	2n=4X=48	66.91	d e f g h
A56	2n=4X=48	41.78	m n o p q	A13	2n=4X=48	63.23	e f g h i
A9	2n=4X=48	38.28	n o p q	A50	2n=4X=48	62.00	f g h i
A5	2n=4X=48	37.47	n o p q	A49	2n=4X=48	61.71	f g h i
A41	2n=4X=48	36.19	o p q	A4	2n=4X=48	61.37	f g h i
A55	2n=2x=24	34.49	p q	A55	2n=2x=24	58.88	g h i
A16	2n=4X=48	34.23	p q	A5	2n=4X=48	57.31	h i
A32	2n=2x=24	33.70	p q	A32	2n=2x=24	55.66	h i j
A35	2n=4X=48	30.44	p q	A35	2n=4X=48	52.60	h i j
A7	2n=2x=24	30.34	p q	A9	2n=4X=48	45.40	i j
A25	2n=4X=48	27.08	q	A25	2n=4X=48	34.69	j

En la comparación de medias de los efectos simples en materia seca de la raíz (Tabla 3.10), bajo el efecto de sin sequía (SS), la accesión 15 (Puka sawinto 1) resultó con mayor materia seca de la raíz promedio de 91.15% y la accesión 25 (Cuchi pelo) resultó con menor materia seca de la raíz promedio de 27.08%; mientras, bajo el efecto de sequía parcial (SP), la accesión 61 (Qori sunqu) resultó con mayor materia seca de la raíz promedio de 96.90% y la accesión 25 (Cuchi pelo) resultó con menor materia seca de la raíz promedio de 34.69%, respectivamente.

Figura 3.10

Respuesta de 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en materia seca de la raíz a los 15 días de sequía parcial.



En la figura 3.10 se visualiza el efecto de sin sequía (SS) en papas nativas alcanzaron en promedio 59.5 % de materia seca de la raíz, al lado izquierdo se visualiza accesiones con materia seca de la raíz menores al promedio (27 %) y al lado derecho se visualiza accesiones con materia seca de la raíz mayores al promedio (92 %). El efecto de sequía parcial (SP) en papas nativas alcanzaron en promedio 65.5 % de materia seca de la raíz, al lado izquierdo se visualiza accesiones con materia seca de la raíz menores al promedio (34 %) y al lado derecho se visualiza accesiones con materia seca de la raíz mayores al promedio (97 %).

Comparando el efecto de sequía parcial (SP) con sin sequía (SS), se observa que la sequía parcial generó un avance en el incremento de materia seca de la raíz en papas nativas diploides y tetraploides. Inga (2014) evaluó 21 genotipos de papa (*Solanum* sp.) en condición de invernadero, donde para los niveles del factor nivel de estrés (sin estrés, estrés por 15 días) en materia seca de la raíz mostraron diferencia significativa donde el nivel sin estrés registró un promedio de 0.42 g el cual supera estadísticamente al nivel estrés de 15 días el cual tuvo un promedio de 0.30 g.

3.1.2 Evaluación de los índices de sequía a los 15 días de sequía parcial (SP)

Tabla 3.11

Análisis de varianza de productividad media (PM), productividad media geométrica (PMG), tolerancia (TOL), índice de tolerancia a la sequía (ITS), índice de susceptibilidad a la sequía (ISS) e índice de estabilidad del rendimiento (IER) (Anexo 4).

Ploidía	F. Variación	G. L.	Productividad media (PM)	Productividad media geométrica (PMG)	índice de tolerancia (TOL)	índice de tolerancia a la sequía (ITS)	índice de susceptibilidad a la sequía (ISS)	índice de estabilidad de rendimiento (IER)	Cuadrados Medios (CM)	
Diploide	Accesiones (A)	11	2415.2**	2354.7**	711.3**	0.09366**	1.4085**	934.0**		
	Error	24	24.6	27.8	42.6	0.02759	0.4216	275.9		
	Total	35								
	C. V (%):		9.96	10.85	37.04	23.42	57.15	23.43		
Tetraploide	Accesiones (A)	22	2462.1**	2439.6**	395.6**	0.05566ns	0.8822ns	552.3ns		
	Error	46	24.1	24.2	85.8	0.04272	0.6323	427.5		
	Total	68								
	C. V (%):		10.07	10.27	70.68	26.23	97.68	26.23		

Nota: Significativo (*), altamente significativo (**).

En la tabla 3.11 se muestra análisis de varianza de los índices de sequía: PM, PMG, TOL, ITS, ISS y IER; tanto para accesiones diploides y tetraploide de manera independiente. En los resultados para las papas nativas diploides, la fuente de variación Accesiones (A) resultó altamente significativo ($p < 0.01$) para todos los índices en sequía parcial (SP). En los tetraploides también resultaron altamente significativo ($p < 0.01$), excepto en ITS, ISS y IER quienes resultaron no significativo.

Los coeficientes de variación en Accesiones (A) diploides varían en el rango de 9.96%-57.15%, mientras para las accesiones tetraploides varían en el rango de 10.07%-97.68%, donde los valores próximos a cero indican precisión y homogeneidad de los datos, mientras los valores más altos indican que los datos resultaron relativamente heterogéneas, debido a que algunos valores calculados de los índices resultaron negativos, indicadores de resistencia.

Tabla 3.12

Comparación de medias de los índices de sequía de PM, PMG Y TOL de las accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X) bajo el efecto de sequía parcial (SP).

Ploidía	Accesiones (A)	PM	DLS (0,05)	Ploidía	Accesiones (A)	PMG	DLS (0,05)	Ploidía	Accesiones (A)	TOL	DLS (0,05)
Diploide	A28	87.33	a	Diploide	A28	87.17	a	Diploide	A61	53.99	a
	A2	86.40	a		A2	85.83	a		A40	36.82	b
	A60	75.90	b		A60	74.30	b		A60	31.07	b
	A21	71.48	b		A21	70.96	b c		A21	17.24	c
	A61	69.04	b c		A61	63.53	c d		A2	16.91	c
	A40	62.02	c		A40	58.70	d		A48	10.87	c d
	A7	36.17	d		A7	35.87	e		A29	10.63	c d
	A29	35.63	d		A29	35.23	e		A28	10.53	c d
	A55	26.36	e		A55	26.31	f		A7	9.07	c d
	A32	18.19	e f		A32	17.93	f g		A54	8.23	c d
A54	17.49	f	A54	16.62	g	A32	4.38	d			
A48	11.62	f	A48	10.21	g	A55	1.69	d			
Tetraploide	A63	112.79	a	Tetraploide	A63	112.44	a	Tetraploide	A15	56.93	a
	A16	98.62	b		A16	98.25	b		A64	21.62	b
	A64	93.64	b		A64	93.01	b		A58	21.05	b
	A57	91.77	b		A57	91.45	b		A35	18.40	b c
	A15	74.23	c		A13	72.52	c		A1	17.46	b c d
	A13	72.75	c		A58	70.48	c		A41	16.96	b c d
	A58	71.26	c		A15	68.55	c		A63	16.95	b c d
	A18	48.38	d		A18	47.69	d		A18	16.31	b c d e
	A35	43.44	d		A1	42.38	d		A16	15.94	b c d e
	A1	43.33	d		A35	41.97	d e		A49	14.64	b c d e f
	A41	41.28	d e		A41	40.14	d e f		A4	12.02	b c d e f
	A9	34.37	e f		A9	34.03	e f g		A13	11.55	b c d e f
	A42	33.31	e f g		A42	32.68	f g h		A36	11.34	b c d e f
	A36	31.58	f g h		A36	30.54	g h i		A57	9.28	b c d e f
	A33	31.22	f g h		A33	30.51	g h i		A9	8.42	b c d e f
	A49	29.70	f g h		A49	27.92	g h i		A50	8.07	b c d e f
	A50	26.76	f g h		A5	26.48	g h i		A46	7.22	b c d e f
	A56	26.73	f g h		A50	26.42	g h i		A33	4.91	c d e f
	A5	26.52	f g h		A46	26.20	g h i		A42	4.06	c d e f
	A46	26.49	f g h		A56	26.13	g h i		A56	3.99	c d e f
A4	25.53	g h	A4	24.65	h i	A5	2.73	d e f			
A31	24.09	h	A31	23.96	i	A25	1.35	e f			
A25	13.53	i	A25	13.48	j	A31	0.20	f			

En la tabla 3.12 comparación de medias DLS de los índices PM, PMG Y TOL tanto para diploides y tetraploides. En las accesiones diploides la PM varía en el rango 11.62- 87.33 (g/maceta) correspondiente a las accesiones 48 (Taragallo) más susceptible y 28 (Sangre de cristo) más tolerante, respectivamente; en PMG varía en el rango de 10.21-87.17 (g/maceta) correspondiente a las accesiones 48 (Taragallo) más susceptible y 28 (Sangre de cristo) más tolerante, respectivamente y TOL varía en el rango 1.69-53.99 (g/maceta) correspondiente a las

accesiones 55 (PN8), el cual es más tolerante a la sequía, y 61 (Qori sunqu) el cual es más susceptible a la sequía, respectivamente. En las accesiones tetraploides para los mismos índices, se encontró que la PM varía en el rango 13.53-112.79 (g/maceta) correspondiente a las accesiones 25 (cuchi pelo) más susceptible y 63 (Yungay) más tolerante respectivamente, la PMG varía en el rango de 13.48-112.44 (g/maceta) correspondiente a las accesiones 25 (cuchi pelo) más susceptible y 63 (Yungay) más tolerante, respectivamente, y TOL varía en el rango de 0.20-56.93 (g/maceta) correspondiente a la accesión 31 (Uru puñoche) más tolerante y la accesión 15 (Puka sawinto 1), el cual es más susceptible a la sequía.

Morales & Rodríguez (2016) afirma que la Productividad Media (PM) indica que el promedio del rendimiento de un cultivo con riego, en relación con uno sin riego de la misma variedad, refleja que un mayor valor de PM implica una mayor tolerancia al estrés hídrico, mientras que un menor valor sugiere una mayor susceptibilidad. Por otro lado, el Índice de Tolerancia (TOL) mide la reducción relativa en el rendimiento de las variedades bajo condiciones de estrés en comparación con las condiciones óptimas de humedad; así, un menor valor de TOL indica mayor tolerancia, mientras que un mayor valor sugiere una mayor susceptibilidad.

Hinojosa, (2009); Ramírez & Kelly (1998); como se citó en Rivadeneira R. et al., (2020) señalan que la selección más eficiente para determinar tolerancia a la sequía está basada en identificar los genotipos con el más alto PMG (productividad media geométrica).

Tabla 3.13

Comparación de medias de los índices de sequía de ITS, ISS y IER de las accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X) bajo el efecto de sequía parcial (SP).

Ploidía	Accesiones (A)	ITS	DLS (0,05)	Ploidía	Accesiones (A)	ISS	DLS (0,05)	Ploidía	Accesiones (A)	IER	DLS (0,05)
Diploide	A55	0.94	a	Diploide	A48	2.46	a	Diploide	A55	93.96	a
	A28	0.89	a b		A61	2.18	a b		A28	88.63	a
	A2	0.84	a b		A40	1.79	a b c		A2	83.71	a
	A32	0.79	a b c		A60	1.32	b c d		A32	78.52	a b
	A21	0.78	a b c		A54	1.02	c d		A21	78.47	a b
	A7	0.78	a b c		A29	1.00	c d		A7	77.66	a b
	A54	0.76	a b c		A32	0.88	c d		A54	75.51	a b
	A29	0.74	a b c		A7	0.86	c d		A29	74.15	a b
	A60	0.66	b c d		A21	0.84	c d		A60	66.03	a b c
	A40	0.53	c d e		A2	0.60	d		A40	53.57	b c d
A61	0.44	d e	A28	0.44	d	A61	43.77	c d			
A48	0.37	e	A55	0.23	d	A48	36.82	d			
Tetraploide	A31	1.04	a	Tetraploide	A15	2.15	a	Tetraploide	A31	104.46	a
	A33	0.93	a b		A49	1.49	a b		A33	92.79	a b
	A57	0.92	a b		A35	1.41	a b		A57	92.07	a b
	A25	0.92	a b		A4	1.40	a b		A25	91.97	a b
	A56	0.92	a b		A1	1.30	a b		A56	91.62	a b
	A42	0.91	a b		A41	1.28	a b		A42	91.37	a b
	A5	0.90	a b		A18	1.12	a b c		A5	90.30	a b
	A63	0.86	a b		A58	1.00	a b c		A63	86.30	a b
	A16	0.85	a b		A50	0.99	a b c		A16	85.32	a b
	A13	0.85	a b		A46	0.91	a b c		A13	85.32	a b
	A64	0.79	a b		A36	0.88	a b c		A64	79.39	a b
	A9	0.78	a b		A9	0.82	b c		A9	78.43	a b c
	A36	0.78	a b c		A64	0.79	b c		A36	78.16	a b c
	A46	0.76	a b c		A13	0.57	b c		A46	76.36	a b c
	A58	0.74	a b c		A16	0.55	b c		A58	74.31	a b c
	A50	0.74	a b c		A63	0.52	b c		A50	73.89	a b c
	A18	0.71	a b c		A5	0.37	b c		A18	71.15	a b c
	A1	0.67	b c		A42	0.32	b c		A1	66.89	b c
	A41	0.67	b c		A25	0.28	b c		A41	66.86	b c
	A35	0.65	b c		A57	0.27	b c		A4	64.82	b c
A4	0.65	b c	A56	0.24	b c	A35	64.78	b c			
A49	0.62	b c	A33	0.21	b c	A49	61.71	b c			
A15	0.44	c	A31	-0.17	c	A15	44.55	c			

En la tabla 3.13 comparación de medias DLS de los índices ITS, ISS y IER tanto para diploides y tetraploides. En las accesiones diploides la ITS varía en el rango 0.37-0.94 correspondiente a las accesiones 48 (Taragallo) más susceptible y 55 (PN8) más tolerante, respectivamente; en ISS varía en el rango de 0.23-2.46 correspondiente a las accesiones 55 (PN8) más tolerante y 48 (Taragallo) más susceptible, respectivamente y IER varía en el rango 36.82-93.96%

correspondiente a las accesiones 48 (Taragallo) más susceptible y 55 (PN8) más tolerante, respectivamente. En las accesiones tetraploides para los mismos índices, se encontró que la ITS varia en el rango 0.44-1.04 correspondiente a las accesiones 15 (Puka sawinto 1) más susceptible y 31 (Uru puñuchi) más tolerante, respectivamente, la ISS varia en el rango de -0.17-2.15 correspondiente a las accesiones 31 (Uru puñuchi) más tolerante y 15 (Puka sawinto 1) más susceptible, respectivamente y IER varia en el rango de 44.55%-104.46% correspondiente a las accesiones 15 (Puka sawinto 1) más susceptible y 31 (Uru puñuchi) más tolerante, respectivamente. Se observa que ninguna de las accesiones tanto en diploides y tetraploides domina claramente con una diferencia estadística en los tres índices.

De acuerdo a la escala sugerida (Fernandez, 1992; citado por Morales & Rodríguez, 2016) el Índice de Susceptibilidad a Sequía (ISS) indica que las variedades con valores más bajos son las más tolerantes a la sequía, mientras que aquellas con valores cercanos a 1 se consideran neutrales. Por otro lado, las variedades con valores superiores a 1 son consideradas susceptibles a la sequía.

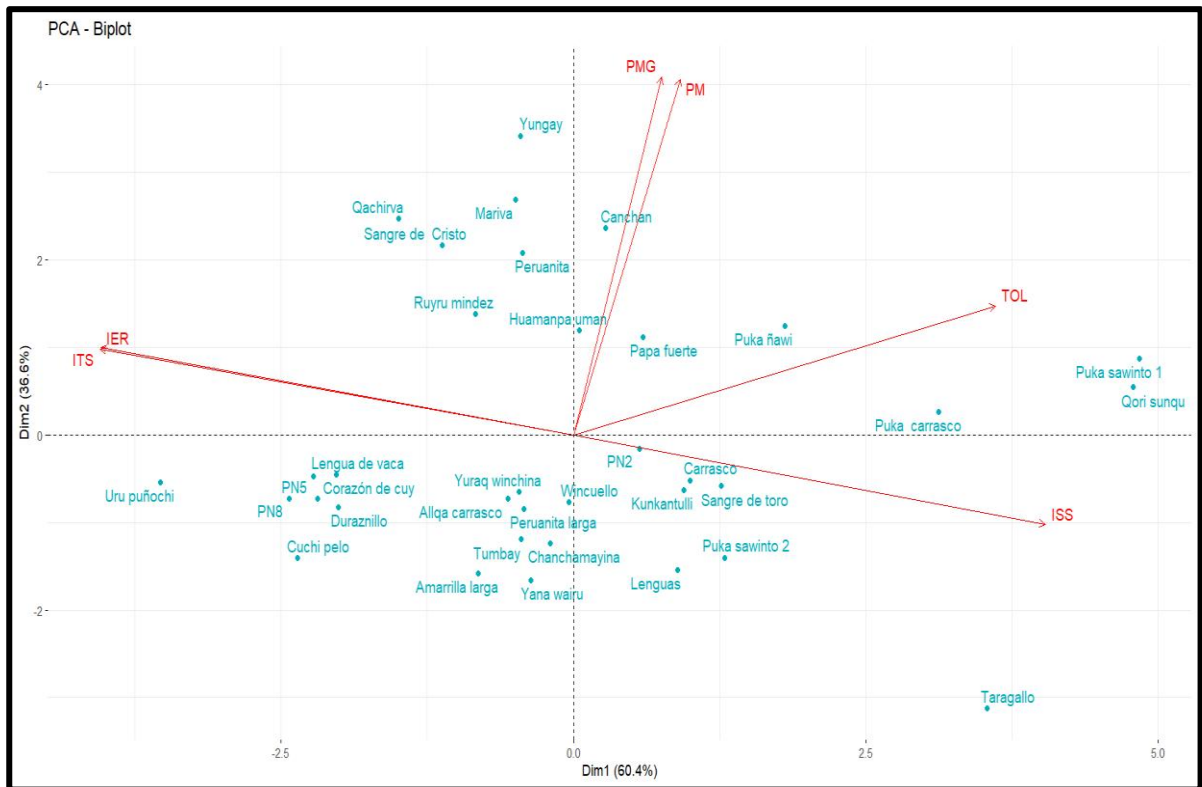
Rosielle y Hamblin, (1981); como se citó en Morales & Rodríguez, (2016) las variedades que presentan valores en el Índice de Tolerancia a Sequía (ITS) más cercanos a uno son las que muestran mayor tolerancia a la sequía.

Según Morales & Rodríguez, (2016) en el Índice de estabilidad de Rendimiento (IER) un alto porcentaje en condiciones de déficit hídrico puede garantizar un rendimiento estable, lo que implica una menor variabilidad en situaciones de estrés, haciendo que estas variedades sean más tolerantes a la sequía. En cambio, porcentajes más bajos indican un rendimiento reducido, lo que las vuelve más susceptibles a la sequía.

3.1.2.1 Análisis de componentes principales (PCA)

Figura 3.11

Biplot de las 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides bajo el efecto de la sequía parcial (SP).



Nota: Índices de sequía PM (productividad media), PMG (productividad media geométrica), TOL (tolerancia), IER (índice de estabilidad del rendimiento), ITS (índice de tolerancia a la sequía) e ISS (índice de susceptibilidad a la sequía).

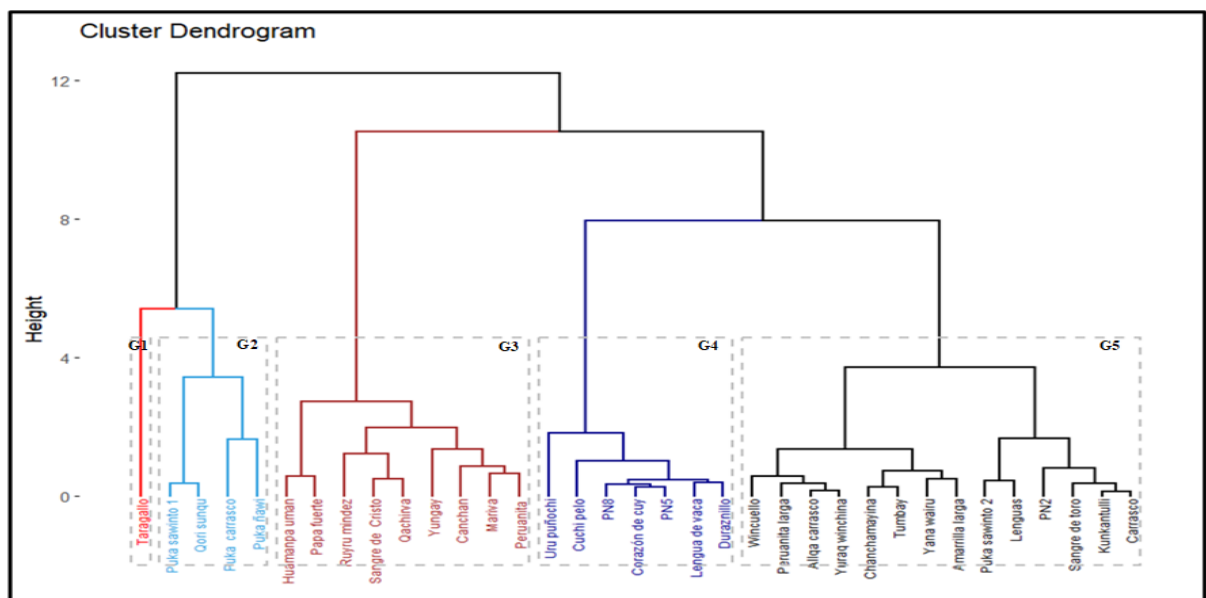
En la figura 3.11 se muestra la distribución individual de las accesiones en un plano bidimensional, de acuerdo a los índices de sequía en la sequía parcial (SP) en este resultado las accesiones de papas nativas se agrupan de acuerdo a los valores de los índices de sequía considerando el 97 % de variancia. Las accesiones que están agrupados en el primer cuadrante tienen valores similares en los índices de sequía, lo mismo ocurre en los demás cuadrantes. Cuando las accesiones se encuentran ubicados muy cercano en el plano, significa que a nivel de los índices son muy parecidos (por ejemplo, la accesión Puka sawinto 1 y Qori sunqu); mientras cuando las accesiones se alejan más entre sí, significa que a nivel de los índices son muy distintos (por ejemplo, la accesión Puka carrasco y Taragallo). Según la figura 3.13 Los índices ITS e IER, PM y PMG tienen un alto grado de asociación entre ellos por el ángulo agudo que forman, es decir que a medida que los ángulos sean más agudos las correlaciones entre los índices se incrementan (se aproxima a la unidad).

En la figura 3.11 las accesiones que están cerca a los índices PM y PMG, presentan tolerancia al estrés hídrico (Yungay, Mariva, Sangre de Cristo, Peruanita, y Canchan), y las accesiones que están en el lado opuesto de estos índices presentan susceptibilidad al estrés hídrico (Taragallo, Cuchi pelo y Yana wairu). Contrariamente a lo que pasa con el índice de sequía TOL, los más cercanos a este son más susceptibles al estrés hídrico (Puka sawinto 1, Qori sunqu, y Puka carrasco) y las accesiones que están al lado opuesto son más resistentes al estrés hídrico (Uru puñuchi, Cuchi pelo y PN8). Las accesiones cercanas a los índices ITS y IER, son más tolerantes al estrés hídrico (Uru puñuchi, PN8, Sangre de Cristo y Peruanita, PN5 y Qachirva), y las accesiones que están a lado opuesto son más susceptibles al estrés hídrico (Taragallo, Puka sawinto 2, Qori sunqu y Puka carrasco). Respecto al índice de sequía ISS, los más cercanos a este son más susceptibles al estrés hídrico (Taragallo, Puka sawinto, Qori sunqu y Puka carrasco) y las accesiones que están al lado opuesto son más tolerantes al estrés hídrico (Uru puñuchi, PN8, Sangre de Cristo y Peruanita, PN5 y Qachirva).

3.1.2.2 Agrupamiento cluster-jerarquico

Figura 3.12

Dendrograma general de las 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides según los índices de sequía en la sequía parcial (SP).



Nota: PN8 (Papa nativa 8), PN5(Papa nativa 5), PN2 (Papa nativa 2).

En la figura 3.12 se muestra la agrupación de las 35 accesiones de papas nativas en base a los índices de sequía, bajo el efecto de sequía parcial (SP), donde se observa que formaron 5 grupos a un umbral de disimilitud 5, de acuerdo a la métrica de distancia "euclidiana" y método de enlace "single linkage".

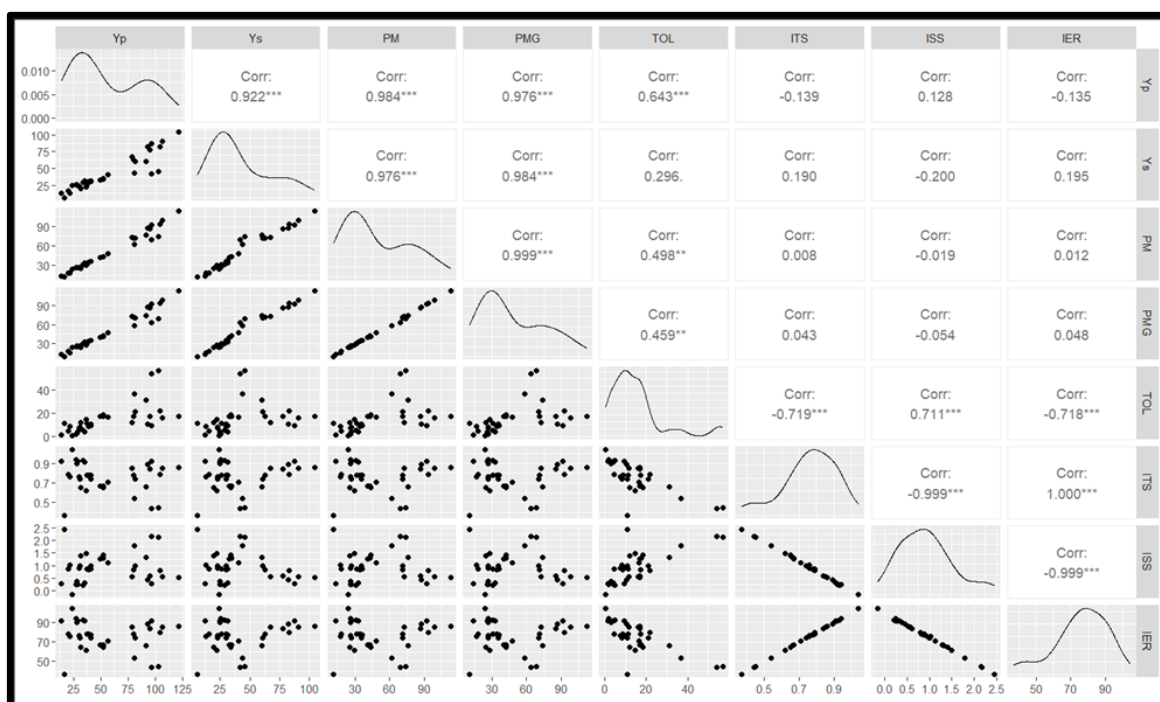
En el primer grupo (G1) se encuentra la accesión Taragallo, en el segundo grupo (G2) las accesiones Puka sawinto 1, Qori sunqu, Puka carrasco y Puka ñawi; en el tercer grupo (G3) se encuentran las accesiones Huamnapa uman, Papa fuerte, Ruyru mindez, Sangre de cristo, Qachirva, Yungay, Canchan, Mariva y Peruanita; en el cuarto grupo (G4) se encuentran las accesiones Uru puñoichi, Cuchi pelo, PN8, Corazón de cuy, PN5, Lengua de vaca y Duraznillo, y en el quinto grupo (G5) se encuentran las accesiones Wincuello, Peruanita larga, Allqa carrasco, Yuraq winchina, Chanchamayina, Tumbay, Yana wairu Amarilla larga, Puka sawinto 2, Lenguas, PN2, Sangre de toro, Kukantullu y Carrasco. Las accesiones que forman cada grupo guardan cierta similitud a nivel de los valores de los seis índices de sequía, es decir que esas accesiones tienen un comportamiento similar a la sequía inducida, por ejemplo, en el grupo 3 y 4 están las accesiones que mostraron más tolerancia a la sequía parcial (SP) y en el grupo 1 y 2, las accesiones más susceptibles.

Barra et al., (2019) llevó a cabo una clasificación jerárquica de 3 grupos empleando los índices de sequía Productividad media (PM), Productividad media geométrica (PMG), Tolerancia (TOL), Índice de tolerancia a la sequía (ITS), Índice de susceptibilidad a la sequía (ISS) e Índice de estabilidad del rendimiento (IER) con los genotipos de papa Cardinal, Clon 37 FB, Desiree y Mije.

3.1.2.3 Correlación de los índices de sequía

Figura 3.13

Coefficiente de correlación entre rendimiento e índices de sequía parcial (SP) en 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides.



Nota: Yp (rendimiento promedio de cada accesión en condición de sin sequía) y Ys (rendimiento promedio de cada accesión en condición de sequía parcial).

En la figura 3.13 se muestra el coeficiente de correlación de los rendimientos (Yp y Ys) e índices de sequía, bajo el efecto de la sequía parcial (SP). En este resultado se muestra una alta correlación positiva entre Yp (rendimiento promedio de cada accesión en condición de control) y Ys (rendimiento promedio de cada accesión en condición de sequía parcial) 0.992***, esto indica que hay una relación directamente proporcional (Yp incrementa por ende Ys incrementa), los mismo pasa entre Yp y PM, 0.984***; entre Ys y PM, 0.975***; entre Yp y PMG, 0.976***; entre Ys y PMG, 0.984***, entre PM y PMG, 0.999***; entre Yp y TOL, 0.643***; entre PM y TOL, 0.498**; entre PMG y TOL, 0.459***; entre TOL y ISS, 0.711***; entre ITS y IER, 1.000***, respectivamente. El coeficiente de correlación entre TOL e ITS se muestra negativo y significativo, -0.719***, esto indica alto grado de asociación inverso entre estos índices de sequía (TOL incrementa por ende ITS disminuye); entre ITS y ISS, -0.999***; entre TOL y IER, -0.718***; entre ISS y IER, -0.999***, respectivamente.

En la parte diagonal de la figura 3.13 se muestra el comportamiento normal de los índices, además se muestra dispersión de puntos para cada coeficiente de correlación de acuerdo al grado de asociación entre los índices de sequía.

3.1.3 Evaluación a los 30 días después de la sequía severa (SV)

Tabla 3.14

Análisis de varianza del promedio de área de frondosidad, número de tallos, número de hojas, altura de la planta, número de tubérculo, peso de tubérculo, materia seca de tubérculo, materia seca aéreo y materia seca de la raíz en sequía severa (SV) (Anexo 5 y 6).

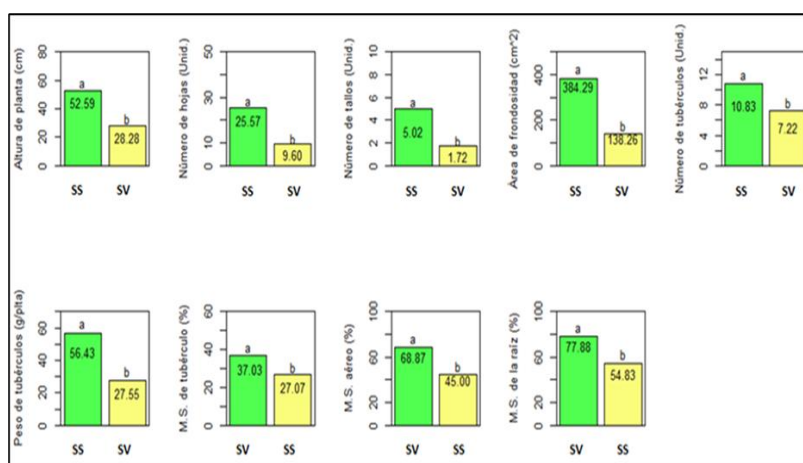
F. Variación	G. L	Altura de la planta	Número de hojas	Número de tallos	Área de frondosidad	Número de tubérculos	Peso de tubérculos	Materia de los tubérculos	Materia seca aéreo de la planta	Materia seca de raíz
Sequía severa (SV)	1	31013**	13392**	573.4**	3177828**	684**	43787**	5208**	29910**	27881**
Accesiones (A)	34	968**	188**	4.3**	35791**	251.5**	3097**	370**	1463**	1160**
Interacción (SV*A)	34	382**	57**	2.2**	16907**	18**	698**	242**	458**	320**
Error	140	63	19	0.7	3222	3.6	33	94	101	152
Total	209									
C. V.(%):		19.61	24.62	24.36	21.72	21.03	13.69	30.25	17.66	18.58

Nota: Significativa (*), altamente significativo (**).

Según el análisis de varianza (Tabla 3.14) de las variables (altura de la planta, número de hojas, tallos y área de frondosidad), bajo el efecto de la sequía severa (SV) en las accesiones de papas nativas, resultaron altamente significativos ($p < 0.01$). Esto indica que, por lo menos algunas de las accesiones difieren del resto. Se encontraron coeficientes de variabilidad en el rango de 13.69 – 24.62%, los cuales indican una relativa variación de los datos. La interacción de sequía severa x accesiones (SV*A) resultó significativa, el cual nos permite realizar análisis de comparación de medias en función de los efectos simples.

Figura 3.14

Comparación de medias (DLS, 0.05) en función de los efectos principales de la sequía severa en altura de planta, número de hojas, número de tallos, área de frondosidad, número de tubérculos, peso de tubérculos, materia seca de tubérculo, materia seca aérea de la planta y materia seca de la raíz de las 35 accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X).



Nota: SS (sin sequía), SV (sequía severa).

En la figura 3.14 Se muestra comparación de medias de la altura de planta, número de hojas, número de tallos, área de frondosidad, en función de los efectos principales del estrés por sequía severa, donde se aprecia que sin sequía (SS) las accesiones tuvieron mayor respuesta en comparación de la sequía severa (SV). Cuyos valores obtenidos superan en un 85.96 % en altura de planta, 166.35 % número de hojas, 191.86 % en número de tallos y 177.94 % en área de frondosidad, respectivamente. Este resultado nos permite deducir que la sequía severa (SV) afecta significativamente al crecimiento foliar.

En la figura 3.14 Se muestra comparación de medias de número de tubérculos y peso de tubérculos en función de los efectos principales del estrés por sequía parcial (SP), donde se aprecia que a la aplicación sin sequía (SS) las accesiones tuvieron mayor respuesta a comparación de la sequía severa (SV). Cuyos valores alcanzados superan en un 50 % en número de tubérculo; en un 104.82 % en peso de tubérculo, respectivamente. Este resultado nos permite deducir que la sequía severa (SV) afecta significativamente al rendimiento del cultivo

En la figura 3.14 Se muestra comparación de medias de materia seca de tubérculos, materia seca aérea y materia seca de la raíz en función de los efectos principales del estrés por sequía parcial (SP), donde se aprecia que a la aplicación de sequía severa (SV) las accesiones tuvieron mayor respuesta a comparación de sin sequía (SS), cuyos valores alcanzados superan en un

36.79 % en materia seca de tubérculos; en un 53.04 % en materia seca aéreo de la planta y en un 42.03 % en materia seca de la raíz, respectivamente. Este resultado nos permite deducir que la sequía severa (SV) afecta significativamente al rendimiento del cultivo.

A. Altura de planta

Tabla 3.15

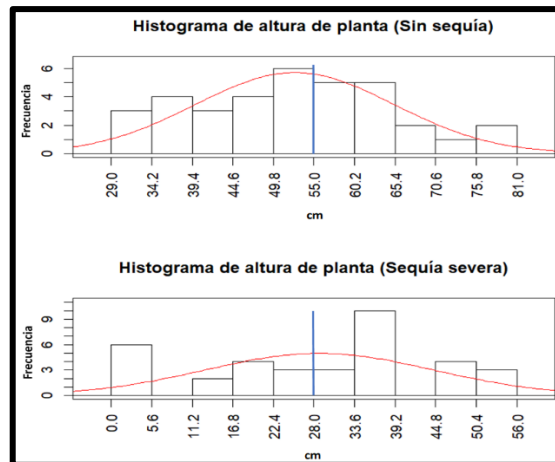
Comparación de medias de los efectos simples de sin sequía (SS) y sequía severa (SV) en altura de planta de las accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X).

Efecto de sin sequía (SS) en altura de planta				Efecto de sequía severa (SV) en altura de planta			
Accesiones	Ploidia	Prom. de altura(cm)	DLS (0.05)	Accesiones	Ploidia	Prom. de altura(cm)	DLS (0.05)
A41	2n=4X=48	80.33	a	A41	2n=4X=48	55.33	a
A21	2n=2x=24	79.00	a	A32	2n=2x=24	54.67	a
A16	2n=4X=48	72.00	a b	A25	2n=4X=48	51.00	a
A25	2n=4X=48	66.00	a b c	A35	2n=4X=48	50.33	a
A40	2n=2x=24	66.00	a b c	A48	2n=2x=24	49.33	a b
A48	2n=2x=24	64.33	b c d	A36	2n=4X=48	46.00	a b c
A18	2n=4X=48	63.67	b c d e	A33	2n=4X=48	45.33	a b c d
A36	2n=4X=48	63.33	b c d e	A60	2n=2x=24	39.00	b c d e
A57	2n=4X=48	63.00	b c d e	A1	2n=4X=48	38.00	c d e
A33	2n=4X=48	61.00	b c d e f	A28	2n=2x=24	37.67	c d e f
A35	2n=4X=48	59.33	b c d e f g	A56	2n=4X=48	37.33	c d e f
A32	2n=2x=24	59.00	b c d e f g	A21	2n=2x=24	37.00	c d e f
A60	2n=2x=24	57.67	b c d e f g h	A13	2n=4X=48	36.33	c d e f
A42	2n=4X=48	57.00	c d e f g h	A15	2n=4X=48	34.67	d e f
A31	2n=4X=48	56.67	c d e f g h	A5	2n=4X=48	34.33	d e f
A5	2n=4X=48	54.00	c d e f g h i	A9	2n=4X=48	34.00	e f g
A13	2n=4X=48	54.00	c d e f g h i	A50	2n=4X=48	33.67	e f g h
A1	2n=4X=48	52.33	c d e f g h i	A16	2n=4X=48	31.00	e f g h i
A56	2n=4X=48	51.33	d e f g h i j	A58	2n=4X=48	30.33	e f g h i
A46	2n=4X=48	51.00	d e f g h i j k	A18	2n=4X=48	30.00	e f g h i
A63	2n=4X=48	51.00	d e f g h i j k	A2	2n=2x=24	26.67	f g h i j
A28	2n=2x=24	49.67	e f g h i j k	A29	2n=2x=24	23.00	g h i j k
A50	2n=4X=48	47.67	f g h i j k l	A4	2n=4X=48	22.67	h i j k
A9	2n=4X=48	47.33	f g h i j k l	A57	2n=4X=48	22.00	i j k
A58	2n=4X=48	45.00	g h i j k l m	A7	2n=2x=24	21.33	i j k
A64	2n=4X=48	44.00	h i j k l m n	A55	2n=2x=24	21.00	i j k
A55	2n=2x=24	42.00	i j k l m n	A61	2n=2x=24	17.00	j k
A2	2n=2x=24	41.33	i j k l m n	A63	2n=4X=48	16.33	j k
A29	2n=2x=24	37.67	j k l m n	A64	2n=4X=48	14.67	k
A54	2n=2x=24	37.33	j k l m n	A42	2n=4X=48	0.00	l
A15	2n=4X=48	36.67	k l m n	A40	2n=2x=24	0.00	l
A7	2n=2x=24	34.33	l m n	A31	2n=4X=48	0.00	l
A61	2n=2x=24	33.67	l m n	A49	2n=4X=48	0.00	l
A4	2n=4X=48	32.33	m n	A46	2n=4X=48	0.00	l
A49	2n=4X=48	29.67	n	A54	2n=2x=24	0.00	l

En la comparación de medias de los efectos simples en altura de planta (Tabla 3.15), bajo el efecto sin sequía (SS), la accesión 41 (Kunkantullu) resultó con mayor altura de planta promedio de 80.33 cm y la accesión 49 (Puka sawinto) resultó con menor altura de planta promedio de 29.67 cm; mientras, bajo el efecto de sequía severa (SV), la accesión 41 (Kunkantullu) resultó con mayor altura de planta promedio de 55.33 cm; la accesión 42(lengua de vaca), accesión 40 (puka carrasco), accesión 31(urú puñoche), accesión 49 (puka sawinto), accesión 46 (tumbay) y accesión 54 (yana wairu) no sobrevivieron a los 30 días de sequía severa (SV) , respectivamente.

Figura 3.15

Respuesta de 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en altura de planta a los 30 días de sequía severa



En la figura 3.15 se visualiza el efecto de sin sequía (SS) en papas nativas alcanzaron en promedio 55 cm de altura, al lado izquierdo se visualiza accesiones con altura menores al promedio (29 cm) y al lado derecho se visualiza accesiones con altura mayores al promedio (81 cm). El efecto de sequía severa (SV) en papas nativas alcanzaron en promedio 28 cm de altura, al lado izquierdo se visualiza accesiones con altura menores al promedio (0 cm) y al lado derecho se visualiza accesiones con altura mayores al promedio (56 cm).

Comparando el efecto de sequía severa (SV) con sin sequía (SS), se observa que la sequía parcial generó un retraso en el incremento de altura de planta en papas nativas diploides y tetraploides. (Bedogni et al., 2016) evaluó 10 genotipos de papa (*Solanum* spp.) donde reporto que hubo un efecto significativo entre los genotipos y la sequía severa (sin riego) sobre la altura de planta a los 31 días de sequía inducida, donde el control (riego a capacidad de campo) presentaron significativamente mayor altura de planta en comparación de sequía severa (sin riego).

B. Número de hojas

Tabla 3.16

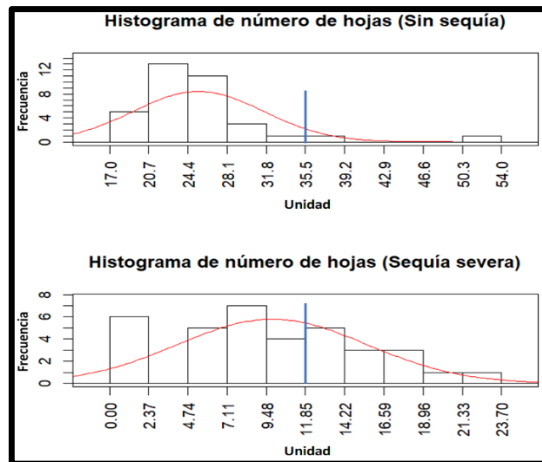
Comparación de medias de los efectos simples de sin sequía (SS) y sequía severa (SV) en número de hojas de las accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X).

Efecto de sin sequía (SS) en número de hojas				Efecto de sequía severa (SV) en número de hojas			
Accesiones	Ploidia	Prom. Nro de hojas (Unid.)	DLS (0.05)	Accesiones	Ploidia	Prom. Nro de hojas (Unid.)	DLS (0.05)
A57	2n=4X=48	54.00	a	A57	2n=4X=48	23.67	a
A21	2n=2x=24	38.00	b	A32	2n=2x=24	19.00	a b
A2	2n=2x=24	35.33	b c	A7	2n=2x=24	17.67	b c
A60	2n=2x=24	31.67	b c d	A29	2n=2x=24	17.33	b c
A41	2n=4X=48	30.00	b c d e	A18	2n=4X=48	17.33	b c
A18	2n=4X=48	30.00	b c d e	A58	2n=4X=48	15.67	b c d
A61	2n=2x=24	27.33	c d e f	A28	2n=2x=24	15.00	b c d e
A7	2n=2x=24	26.67	d e f	A1	2n=4X=48	14.67	b c d e
A5	2n=4X=48	26.00	d e f g	A16	2n=4X=48	14.00	b c d e f
A28	2n=2x=24	26.00	d e f g	A4	2n=4X=48	14.00	b c d e f
A50	2n=4X=48	25.67	d e f g h	A41	2n=4X=48	13.33	c d e f g
A25	2n=4X=48	25.67	d e f g h	A2	2n=2x=24	13.33	c d e f g
A48	2n=2x=24	25.33	d e f g h	A21	2n=2x=24	13.00	c d e f g
A15	2n=4X=48	25.00	d e f g h i	A60	2n=2x=24	11.67	d e f g h
A36	2n=4X=48	25.00	d e f g h i	A61	2n=2x=24	10.00	e f g h i
A16	2n=4X=48	25.00	d e f g h i	A35	2n=4X=48	10.00	e f g h i
A58	2n=4X=48	24.67	d e f g h i	A50	2n=4X=48	9.67	e f g h i
A32	2n=2x=24	24.33	d e f g h i	A64	2n=4X=48	9.00	f g h i
A42	2n=4X=48	24.33	d e f g h i	A15	2n=4X=48	8.67	f g h i
A4	2n=4X=48	24.33	d e f g h i	A56	2n=4X=48	8.33	g h i
A40	2n=2x=24	24.33	d e f g h i	A33	2n=4X=48	8.33	g h i
A13	2n=4X=48	24.33	d e f g h i	A63	2n=4X=48	8.00	g h i
A29	2n=2x=24	23.67	d e f g h i	A5	2n=4X=48	7.33	h i
A63	2n=4X=48	23.33	e f g h i	A9	2n=4X=48	7.33	h i
A35	2n=4X=48	22.67	e f g h i	A48	2n=2x=24	6.67	h i
A46	2n=4X=48	22.67	e f g h i	A36	2n=4X=48	6.33	h i
A31	2n=4X=48	22.33	e f g h i	A13	2n=4X=48	6.33	h i
A9	2n=4X=48	22.33	e f g h i	A25	2n=4X=48	5.33	i j
A49	2n=4X=48	21.67	f g h i	A55	2n=2x=24	5.00	i j
A33	2n=4X=48	21.67	f g h i	A31	2n=4X=48	0.00	j
A1	2n=4X=48	19.33	f g h i	A42	2n=4X=48	0.00	j
A56	2n=4X=48	19.33	f g h i	A40	2n=2x=24	0.00	j
A54	2n=2x=24	18.33	g h i	A49	2n=4X=48	0.00	j
A55	2n=2x=24	17.67	h i	A46	2n=4X=48	0.00	j
A64	2n=4X=48	17.00	i	A54	2n=2x=24	0.00	j

En la comparación de medias de los efectos simples en número de hojas (Tabla 3.16), bajo el efecto de sin sequía (SS), la accesión 57 (Qachirva) resultó con mayor número promedio de hojas de 54 unidades y la accesión 64 (Canchan) resultó con menor número de hojas de 17 unidades; mientras, bajo el efecto de sequía severa (SV), la accesión 57 (Qachirva) resultó con mayor número promedio de hojas de 23.67 unidades, respectivamente. La accesión 42(Lengua de vaca), accesión 40 (Puka carrasco), accesión 31(Uru puñoichi), accesión 49 (Puka sawinto 2), accesión 46 (Tumbay) y accesión 54 (Yana wairu) no sobrevivieron a los 30 días de sequía severa.

Figura 3.16

Respuesta de 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en número de hojas a los 30 días de sequía severa.



En la figura 3.16 se visualiza el efecto de sin sequía (SS) en papas nativas alcanzaron en promedio 35.5 unidades de número de hojas, al lado izquierdo se visualiza accesiones con número de hojas menores al promedio (17 unidades) y al lado derecho se visualiza accesiones con número de hojas mayores al promedio (54 unidades). El efecto de sequía severa (SV) en papas nativas alcanzaron en promedio 11.85 unidades de número de hojas, al lado izquierdo se visualiza accesiones con número de hojas menores al promedio (0 unidades) y al lado derecho se visualiza accesiones con número de hojas mayores al promedio (23.7 unidades).

Comparando el efecto de sequía severa (SV) con sin sequía (SS), se observa que la sequía parcial generó un retraso en el incremento de número de hojas en papas nativas diploides y tetraploides.

C. Número de tallos

Tabla 3.17

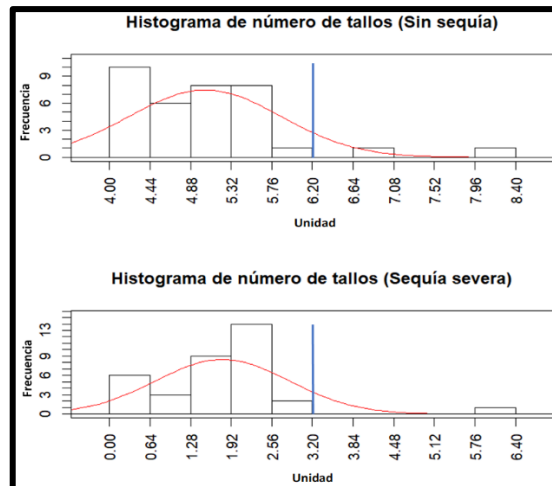
Comparación de medias de los efectos simples de sin sequía (SS) y sequía severa (SV) en número de tallos de las accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X).

Efecto de sin sequía (SS) en número de tallos				Efecto de sequía severa (SV) en número de tallos			
Accesiones	Ploidía	Prom. Nro tallos (Unid.)	DLS (0.05)	Accesiones	Ploidía	Prom. Nro tallos (Unid.)	DLS (0.05)
A57	2n=4X=48	8.33	a	A57	2n=4X=48	6.33	a
A49	2n=4X=48	7.00	a b	A18	2n=4X=48	3.00	b
A4	2n=4X=48	6.00	b c	A1	2n=4X=48	2.67	b c
A31	2n=4X=48	5.67	b c d	A16	2n=4X=48	2.33	b c d
A40	2n=2x=24	5.67	b c d	A33	2n=4X=48	2.33	b c d
A13	2n=4X=48	5.67	b c d	A60	2n=2x=24	2.33	b c d
A18	2n=4X=48	5.67	b c d	A63	2n=4X=48	2.33	b c d
A7	2n=2x=24	5.67	b c d	A61	2n=2x=24	2.33	b c d
A9	2n=4X=48	5.67	b c d	A58	2n=4X=48	2.33	b c d
A42	2n=4X=48	5.33	c d e	A50	2n=4X=48	2.33	b c d
A15	2n=4X=48	5.33	c d e	A56	2n=4X=48	2.33	b c d
A28	2n=2x=24	5.00	c d e	A5	2n=4X=48	2.00	b c d e
A64	2n=4X=48	5.00	c d e	A15	2n=4X=48	2.00	b c d e
A58	2n=4X=48	5.00	c d e	A2	2n=2x=24	2.00	b c d e
A60	2n=2x=24	5.00	c d e	A64	2n=4X=48	2.00	b c d e
A61	2n=2x=24	5.00	c d e	A28	2n=2x=24	2.00	b c d e
A29	2n=2x=24	5.00	c d e	A29	2n=2x=24	2.00	b c d e
A36	2n=4X=48	5.00	c d e	A9	2n=4X=48	1.67	c d e
A33	2n=4X=48	5.00	c d e	A55	2n=2x=24	1.67	c d e
A63	2n=4X=48	4.67	c d e	A7	2n=2x=24	1.67	c d e
A50	2n=4X=48	4.67	c d e	A41	2n=4X=48	1.67	c d e
A35	2n=4X=48	4.67	c d e	A36	2n=4X=48	1.67	c d e
A32	2n=2x=24	4.67	c d e	A35	2n=4X=48	1.67	c d e
A2	2n=2x=24	4.67	c d e	A21	2n=2x=24	1.67	c d e
A21	2n=2x=24	4.67	c d e	A13	2n=4X=48	1.67	c d e
A1	2n=4X=48	4.33	d e	A4	2n=4X=48	1.33	d e
A16	2n=4X=48	4.33	d e	A32	2n=2x=24	1.00	e f
A25	2n=4X=48	4.33	d e	A25	2n=4X=48	1.00	e f
A5	2n=4X=48	4.33	d e	A48	2n=2x=24	1.00	e f
A54	2n=2x=24	4.33	d e	A54	2n=2x=24	0.00	f
A56	2n=4X=48	4.33	d e	A49	2n=4X=48	0.00	f
A41	2n=4X=48	4.00	e	A42	2n=4X=48	0.00	f
A46	2n=4X=48	4.00	e	A46	2n=4X=48	0.00	f
A48	2n=2x=24	4.00	e	A40	2n=2x=24	0.00	f
A55	2n=2x=24	4.00	e	A31	2n=4X=48	0.00	f

En la comparación de medias de los efectos simples en número de tallos (Tabla 3.17), bajo el efecto de sin sequía (SS), la accesión 57 (Qachirva) resultó con mayor número promedio de tallos de 8.33 unidades y la accesión 55 (PN8) resultó con menor número promedio de tallos de 4 unidades; mientras, bajo el efecto de sequía severa (SV), la accesión 57 (Qachirva) resultó con mayor número promedio de tallos de 6.33 unidades, respectivamente. La accesión 42(Lengua de vaca), accesión 40 (Puka carrasco), accesión 31(Uru puñochi), accesión 49 (Puka sawinto 2), accesión 46 (Tumbay) y accesión 54 (Yana wairu) no sobrevivieron a los 30 días de sequía inducida.

Figura 3.17

Respuesta de 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en número de tallos a los 30 días de sequía severa.



En la figura 3.17 se visualiza el efecto de sin sequía (SS) en papas nativas alcanzaron en promedio 6.2 unidades de número de tallos, al lado izquierdo se visualiza accesiones con número de tallos menores al promedio (4 unidades) y al lado derecho se visualiza accesiones con número de tallos mayores al promedio (8.4 unidades). El efecto de sequía severa (SV) en papas nativas alcanzaron en promedio 3.2 unidades de número de tallos, al lado izquierdo se visualiza accesiones con número de tallos menores al promedio (0 unidades) y al lado derecho se visualiza accesiones con número de tallos mayores al promedio (6.4 unidades).

Comparando el efecto de sequía severa (SV) con sin sequía (SS), se observa que la sequía parcial generó un retraso en el incremento de número de tallos en papas nativas diploides y tetraploides. (Bedogni et al., 2016) evaluó 10 genotipos de papa (*Solanum* spp.) donde reporto que no hubo un efecto significativo entre los genotipos y la sequía severa (sin riego) en número de tallos a los 31 días de sequía inducida.

D. Área de frondosidad

Tabla 3.18

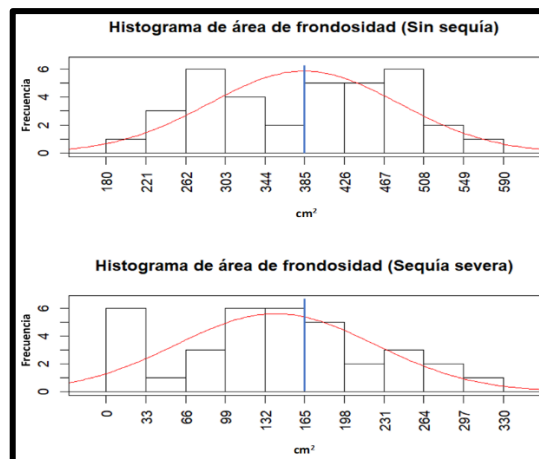
Comparación de medias de los efectos simples de sin sequía (SS) y sequía severa (SV) en área de frondosidad de las accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X).

Efecto de sin sequía (SS) en área de frondosidad				Efecto de sequía severa (SV) en área de frondosidad			
Accesiones	Ploidia	Prom. AF(cm ²)	DLS (0.05)	Accesiones	Ploidia	Prom. AF(cm ²)	DLS (0.05)
A15	2n=4X=48	583.33	a	A16	2n=4X=48	325.00	a
A58	2n=4X=48	525.00	a b	A7	2n=2x=24	291.67	a b
A2	2n=2x=24	516.67	a b	A28	2n=2x=24	275.00	a b c
A60	2n=2x=24	491.67	a b c	A2	2n=2x=24	250.00	b c d
A18	2n=4X=48	483.33	a b c d	A58	2n=4X=48	233.33	b c d e
A31	2n=4X=48	477.00	a b c d	A57	2n=4X=48	233.33	b c d e
A29	2n=2x=24	475.00	a b c d e	A18	2n=4X=48	216.67	c d e f
A61	2n=2x=24	475.00	a b c d e	A4	2n=4X=48	214.67	c d e f
A13	2n=4X=48	471.00	b c d e	A60	2n=2x=24	183.33	d e f g
A57	2n=4X=48	466.67	b c d e	A21	2n=2x=24	183.33	d e f g
A40	2n=2x=24	464.67	b c d e	A29	2n=2x=24	177.00	e f g
A63	2n=4X=48	458.33	b c d e	A32	2n=2x=24	169.00	e f g h
A21	2n=2x=24	450.00	b c d e f	A35	2n=4X=48	167.00	e f g h
A16	2n=4X=48	433.33	b c d e f g	A13	2n=4X=48	164.67	f g h
A28	2n=2x=24	425.00	b c d e f g h	A36	2n=4X=48	150.00	f g h i
A32	2n=2x=24	419.00	b c d e f g h	A15	2n=4X=48	150.00	f g h i
A5	2n=4X=48	402.00	c d e f g h i	A5	2n=4X=48	135.67	g h i j
A41	2n=4X=48	394.00	c d e f g h i	A61	2n=2x=24	133.33	g h i j
A25	2n=4X=48	389.67	c d e f g h i	A41	2n=4X=48	133.33	g h i j
A64	2n=4X=48	375.00	d e f g h i j	A33	2n=4X=48	129.33	g h i j k
A42	2n=4X=48	364.67	e f g h i j k	A63	2n=4X=48	125.00	g h i j k
A35	2n=4X=48	340.00	f g h i j k l	A64	2n=4X=48	125.00	g h i j k
A1	2n=4X=48	325.00	g h i j k l	A1	2n=4X=48	125.00	g h i j k
A48	2n=2x=24	316.67	h i j k l	A9	2n=4X=48	116.67	g h i j k
A7	2n=2x=24	314.67	h i j k l	A48	2n=2x=24	108.33	h i j k
A33	2n=4X=48	300.33	i j k l	A56	2n=4X=48	96.00	i j k
A9	2n=4X=48	294.00	i j k l	A55	2n=2x=24	87.67	i j k
A36	2n=4X=48	294.00	i j k l	A50	2n=4X=48	77.33	j k
A49	2n=4X=48	291.67	i j k l m	A25	2n=4X=48	62.67	k l
A50	2n=4X=48	273.00	j k l m	A40	2n=2x=24	0.00	l
A54	2n=2x=24	263.00	k l m	A42	2n=4X=48	0.00	l
A4	2n=4X=48	243.33	l m	A46	2n=4X=48	0.00	l
A46	2n=4X=48	241.67	l m	A49	2n=4X=48	0.00	l
A56	2n=4X=48	231.33	l m	A31	2n=4X=48	0.00	l
A55	2n=2x=24	181.33	m	A54	2n=2x=24	0.00	l

En la comparación de medias de los efectos simples en área de frondosidad (Tabla 3.18), bajo el efecto de sin sequía (SS), la accesión 15 (Puka sawinto) resultó con mayor área de frondosidad promedio de 583.33 cm² y la accesión 55 (PN8) resultó con menor área de frondosidad promedio de 181.33 cm²; mientras, bajo el efecto de sequía severa (SV), la accesión 16 (Mariva) resultó con mayor número de tallos promedio de 325 cm², respectivamente. La accesión 42 (Lengua de vaca), accesión 40 (Puka carrasco), accesión 31 (Uru puñoche), accesión 49 (Puka sawinto 2), accesión 46 (Tumbay) y accesión 54 (Yana wairu) no sobrevivieron a los 30 días de sequía severa (SV).

Figura 3.18

Respuesta de 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en área de frondosidad a los 30 días de sequía severa.



En la figura 3.18 se visualiza el efecto de sin sequía (SS) en papas nativas alcanzaron en promedio 385 cm^2 de área de frondosidad, al lado izquierdo se visualiza accesiones con área de frondosidad menores al promedio (180 cm^2) y al lado derecho se visualiza accesiones con área de frondosidad mayores al promedio (590 cm^2). El efecto de sequía severa (SV) en papas nativas alcanzaron en promedio 165 cm^2 de área de frondosidad, al lado izquierdo se visualiza accesiones con área de frondosidad menores al promedio (0 cm^2) y al lado derecho se visualiza accesiones con área de frondosidad mayores al promedio (330 cm^2).

Comparando el efecto de sequía severa (SV) con sin sequía (SS), se observa que la sequía parcial generó un retraso en el incremento de área de frondosidad en papas nativas diploides y tetraploides.

E. Número de tubérculos

Tabla 3.19

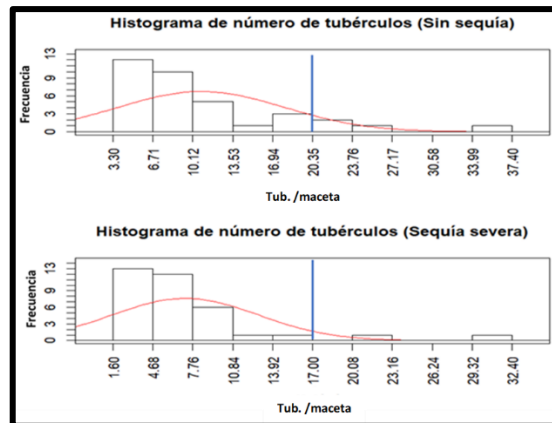
Comparación de medias de los efectos simples de sin sequía (SS) y sequía severa (SV) en número de tubérculos de las 35 accesiones de papa nativa diploides (2X) y tetraploides (4X).

Efecto de sin sequía (SS) en número de tubérculos				Efecto de sequía severa (SV) en número de tubérculos			
Accesiones (A)	Ploidía	Prom. Nro. Tubérculos (tub/maceta)	DLS (0,05)	Accesiones (A)	Ploidía	Prom. Nro. Tubérculos (tub/maceta)	DLS (0,05)
A16	2n=4X=48	37.33	a	A16	2n=4X=48	32.33	a
A1	2n=4X=48	26.67	b	A1	2n=4X=48	21.33	b
A2	2n=2X=24	23.00	c	A18	2n=4X=48	15.33	c
A28	2n=2X=24	20.67	c d	A58	2n=4X=48	11.00	d
A57	2n=4X=48	18.33	d e	A61	2n=2X=24	10.67	d e
A13	2n=4X=48	17.67	e	A13	2n=4X=48	10.33	d e f
A18	2n=4X=48	17.33	e	A2	2n=2X=24	8.00	d e f g
A40	2n=2X=24	16.33	e	A28	2n=2X=24	8.00	d e f g
A58	2n=4X=48	13.33	f	A57	2n=4X=48	8.00	d e f g
A7	2n=2X=24	12.67	f g	A56	2n=4X=48	8.00	d e f g
A61	2n=2X=24	11.67	f g h	A7	2n=2X=24	7.67	d e f g h
A63	2n=4X=48	11.67	f g h	A63	2n=4X=48	7.67	d e f g h
A60	2n=2X=24	10.33	g h i	A63	2n=4X=48	7.67	d e f g h
A49	2n=4X=48	9.33	h i j	A29	2n=2X=24	7.33	e f g h i
A29	2n=2X=24	9.00	i j	A15	2n=4X=48	7.00	f g h i
A5	2n=4X=48	9.00	i j	A41	2n=4X=48	7.00	f g h i
A56	2n=4X=48	8.67	i j	A60	2n=2X=24	6.67	g h i
A15	2n=4X=48	8.33	i j k	A46	2n=4X=48	6.67	g h i
A46	2n=4X=48	8.33	i j k	A40	2n=2X=24	6.67	g h i
A41	2n=4X=48	8.33	i j k	A49	2n=4X=48	6.00	g h i j
A21	2n=2X=24	8.33	i j k	A21	2n=2X=24	5.67	g h i j k
A42	2n=4X=48	7.33	j k l	A5	2n=4X=48	5.00	g h i j k l
A64	2n=4X=48	7.00	j k l m	A64	2n=4X=48	5.00	g h i j k l
A36	2n=4X=48	6.00	k l m n	A36	2n=4X=48	4.67	g h i j k l
A9	2n=4X=48	6.00	k l m n	A35	2n=4X=48	4.33	h i j k l
A50	2n=4X=48	5.67	l m n o	A42	2n=4X=48	4.33	h i j k l
A4	2n=4X=48	5.67	l m n o	A50	2n=4X=48	4.33	h i j k l
A32	2n=2X=24	5.33	l m n o	A32	2n=2X=24	4.00	i j k l
A31	2n=4X=48	5.00	l m n o	A31	2n=4X=48	3.00	j k l
A25	2n=4X=48	5.00	l m n o	A33	2n=4X=48	2.67	j k l
A35	2n=4X=48	4.67	m n o	A4	2n=4X=48	2.67	j k l
A54	2n=2X=24	4.33	n o	A55	2n=2X=24	2.67	j k l
A55	2n=2X=24	4.33	n o	A9	2n=4X=48	2.67	j k l
A48	2n=2X=24	3.33	o	A48	2n=2X=24	2.33	k l
A33	2n=4X=48	3.33	o	A54	2n=2X=24	2.33	k l
				A25	2n=4X=48	1.67	l

En la comparación de medias de los efectos simples en el número de tubérculos (Tabla 3.19), bajo el efecto de sin sequía (SS), la accesión 16 (Mariva) resultó con mayor número de tubérculos promedio de 37.33 tubérculo/maceta y la accesión 33 (PN5) resultó con menor número de tubérculos promedio de 3.33 tubérculo/maceta; mientras, bajo el efecto de sequía severa (SV), la accesión 48 (Taragallo) resultó con mayor número de tubérculos promedio de 32.33 tubérculo/maceta y la accesión 25 (Cuchi) resultó con menor número de tubérculos promedio de 1.67 tubérculo/maceta, respectivamente.

Figura 3.19

Respuesta de 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en número de tubérculos a los 30 días de sequía severa.



En la figura 3.19 se visualiza el efecto de sin sequía (SS) en papas nativas alcanzaron en promedio 20.35 tubérculos/maceta de número de tubérculos, al lado izquierdo se visualiza accesiones con número de tubérculos menores al promedio (3.3 tubérculos/maceta) y al lado derecho se visualiza accesiones con número de tubérculos mayores al promedio (37.40 tubérculos/maceta). El efecto de sequía severa (SV) en papas nativas alcanzaron en promedio 17 tubérculos/maceta de número de tubérculos, al lado izquierdo se visualiza accesiones con número de tubérculos menores al promedio (1.6 tubérculos/maceta) y al lado derecho se visualiza accesiones con número de tubérculos mayores al promedio (32.40 tubérculos/maceta).

Comparando el efecto de sequía severa (SV) con sin sequía (SS), se observa que la sequía parcial generó un retraso en el incremento de número de tubérculos en papas nativas diploides y tetraploides. Inga (2014) evaluó 21 genotipos de papa (*Solanum* sp.) en condición de invernadero, donde para los niveles del factor nivel de estrés (sin estrés, estrés por 30 días) en número de tubérculos no mostraron diferencia significativa donde el nivel sin estrés registró un promedio de 5.81 tubérculos/plta y para el nivel estrés de 30 días tuvo un promedio de 6.06 tubérculos/plta. (Bedogni et al., 2016) evaluó 10 genotipos de papa (*Solanum* spp.) donde reporto que hubo un efecto significativo entre los genotipos y la sequía severa (sin riego) sobre el número de tubérculos a los 31 días de sequía inducida, donde el control (riego a capacidad de campo) presentaron significativamente mayor número de tubérculos en comparación de sequía severa (sin riego).

F. Peso de tubérculo

Tabla 3.20

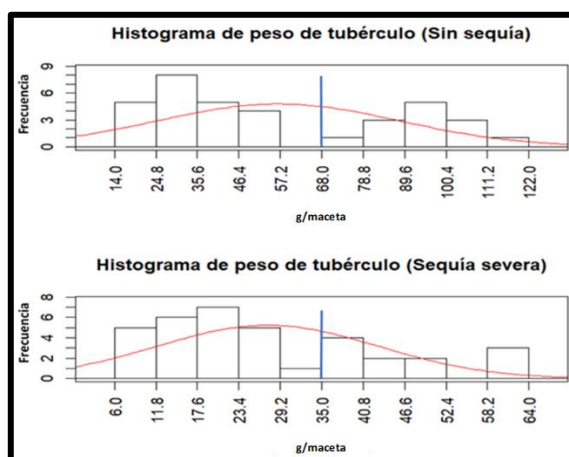
Comparación de medias de los efectos simples de sin sequía (SS) y sequía severa (SV) en peso de tubérculos de las 35 accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X).

Efecto de sin sequía (SS) en el peso de tubérculo				Efecto de sequía severa (SV) en el peso de tubérculo			
Accesiones (A)	Ploidía	Prom. Peso de tubérculo(g/maceta)	DLS (0.05)	Accesiones (A)	Ploidía	Prom. Peso de tubérculo(g/maceta)	DLS (0.05)
A63	2n=4X=48	121.27	a	A64	2n=4X=48	63.44	a
A16	2n=4X=48	106.59	b	A16	2n=4X=48	62.54	a
A64	2n=4X=48	104.45	b c	A58	2n=4X=48	58.98	a
A15	2n=4X=48	102.69	b c d	A1	2n=4X=48	50.69	b
A57	2n=4X=48	96.40	b c d	A63	2n=4X=48	50.61	b
A61	2n=2x=24	96.03	b c d	A57	2n=4X=48	45.12	b c
A2	2n=2x=24	94.85	c d	A60	2n=2x=24	44.24	c
A28	2n=2x=24	92.59	d e	A21	2n=2x=24	37.31	d
A60	2n=2x=24	91.44	d e f	A15	2n=4X=48	37.11	d
A58	2n=4X=48	81.78	e f g	A13	2n=4X=48	35.43	d e
A40	2n=2x=24	80.43	f g	A28	2n=2x=24	35.29	d e
A21	2n=2x=24	80.10	f g	A61	2n=2x=24	32.09	d e f
A13	2n=4X=48	78.52	g	A41	2n=4X=48	29.14	e f g
A18	2n=4X=48	56.54	h	A42	2n=4X=48	27.99	f g h
A35	2n=4X=48	52.64	h	A56	2n=4X=48	24.77	g h i
A1	2n=4X=48	52.05	h i	A35	2n=4X=48	24.73	g h i j
A41	2n=4X=48	49.76	h i j	A49	2n=4X=48	23.62	g h i j k
A29	2n=2x=24	40.95	i j k	A46	2n=4X=48	22.54	h i j k
A7	2n=2x=24	40.70	i j k	A18	2n=4X=48	22.31	h i j k
A9	2n=4X=48	38.58	j k l	A40	2n=2x=24	22.09	h i j k
A36	2n=4X=48	37.25	k l	A33	2n=4X=48	21.96	h i j k l
A49	2n=4X=48	37.01	k l	A2	2n=2x=24	21.64	i j k l m
A42	2n=4X=48	35.34	k l m	A9	2n=4X=48	18.43	j k l m n
A33	2n=4X=48	33.68	k l m	A5	2n=4X=48	18.29	k l m n
A4	2n=4X=48	31.54	k l m n	A55	2n=2x=24	15.69	l m n o
A50	2n=4X=48	30.79	k l m n	A29	2n=2x=24	15.44	m n o
A46	2n=4X=48	30.10	k l m n	A32	2n=2x=24	14.50	n o
A56	2n=4X=48	28.72	l m n	A50	2n=4X=48	13.75	n o
A5	2n=4X=48	27.89	l m n o	A36	2n=4X=48	13.73	n o
A55	2n=2x=24	27.20	l m n o	A48	2n=2x=24	12.70	n o
A31	2n=4X=48	24.19	m n o p	A54	2n=2x=24	11.74	o p
A54	2n=2x=24	21.61	n o p	A31	2n=4X=48	11.50	o p
A32	2n=2x=24	20.38	n o p	A25	2n=4X=48	9.53	o p
A48	2n=2x=24	17.05	o p	A7	2n=2x=24	9.50	o p
A25	2n=4X=48	14.20	p	A4	2n=4X=48	6.07	p

En la comparación de medias de los efectos simples en el peso de tubérculos (Tabla 3.20), bajo el efecto de sin sequía (SS), la accesión 63 (Yungay) resultó con mayor peso de tubérculos promedio de 121.27 g/maceta y la accesión 25 (Cuchi pelo) resultó con menor peso de tubérculos promedio de 14.20 g/maceta; mientras, bajo el efecto de sequía severa (SV), la accesión 64 (Canchan) resultó con mayor peso de tubérculos promedio de 63.44 g/maceta y la accesión 4 (Lenguas) resultó con menor peso de tubérculos promedio de 6.07g/maceta, respectivamente.

Figura 3.20

Respuesta de 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en peso de tubérculos a los 30 días de sequía severa



En la figura 3.20 se visualiza el efecto de sin sequía (SS) en papas nativas alcanzaron en promedio 68 g/maceta de peso de tubérculos, al lado izquierdo se visualiza accesiones con peso de tubérculos menores al promedio (14 g/maceta) y al lado derecho se visualiza accesiones con peso de tubérculos mayores al promedio (122 g/maceta). El efecto de sequía severa (SV) en papas nativas alcanzaron en promedio 35 g/maceta de peso de tubérculos, al lado izquierdo se visualiza accesiones con peso de tubérculos menores al promedio (6 g/maceta) y al lado derecho se visualiza accesiones con peso de tubérculos mayores al promedio (64 g/maceta).

Comparando el efecto de sequía severa (SV) con sin sequía (SS), se observa que la sequía parcial generó un retraso en el incremento de peso de tubérculos en papas nativas diploides y tetraploides. Inga (2014) evaluó 21 genotipos de papa (*Solanum* sp.) en condición de invernadero, donde para los niveles del factor nivel de estrés (sin estrés, estrés por 30 días) en peso de tubérculos mostraron diferencia significativa donde el nivel sin estrés registró un promedio de 45.57 g el cual supera estadísticamente al nivel estrés de 30 días el cual tuvo un promedio de 27.28 g. (Bedogni et al., 2016) evaluó 10 genotipos de papa (*Solanum* spp.) donde reportó que hubo un efecto significativo entre los genotipos y la sequía severa (sin riego) sobre el peso de tubérculos a los 31 días de sequía inducida, donde el control (riego a capacidad de campo) presentaron significativamente mayor peso de tubérculos en comparación de sequía severa.

G. Materia seca de tubérculo

Tabla 3.21

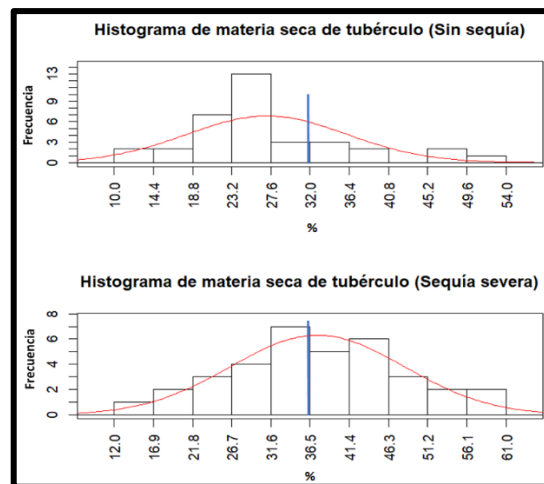
Comparación de medias de los efectos simples de sin sequía (SS) y sequía severa (SV) en materia seca de tubérculo de las 35 accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X).

Efecto de sin sequía (SS) en materia seca del tubérculo				Efecto de sequía severa (SV) en materia seca del tubérculo			
Accesiones (A)	Ploidía	Prom. Materia seca(%)	DLS (0.05)	Accesiones (A)	Ploidía	Prom. Materia seca(%)	DLS (0.05)
A54	2n=2x=24	53.16	a	A50	2n=4X=48	60.22	a
A35	2n=4X=48	47.85	a b	A4	2n=4X=48	58.08	a b
A25	2n=4X=48	45.60	a b c	A25	2n=4X=48	52.21	a b c
A36	2n=4X=48	38.16	b c d	A7	2n=2x=24	51.55	a b c d
A49	2n=4X=48	37.94	b c d e	A49	2n=4X=48	47.16	a b c d e
A5	2n=4X=48	35.60	c d e f	A32	2n=2x=24	46.79	a b c d e
A4	2n=4X=48	33.82	d e f g	A31	2n=4X=48	46.72	a b c d e
A56	2n=4X=48	32.27	d e f g h	A48	2n=2x=24	46.26	a b c d e
A48	2n=2x=24	31.54	d e f g h i	A55	2n=2x=24	46.20	a b c d e
A42	2n=4X=48	28.70	d e f g h i j	A54	2n=2x=24	44.50	a b c d e f
A40	2n=2x=24	28.22	d e f g h i j	A40	2n=2x=24	42.99	a b c d e f g
A31	2n=4X=48	27.58	d e f g h i j k	A36	2n=4X=48	42.39	a b c d e f g
A18	2n=4X=48	27.47	d e f g h i j k	A42	2n=4X=48	41.42	a b c d e f g
A57	2n=4X=48	27.28	d e f g h i j k	A56	2n=4X=48	39.74	b c d e f g
A33	2n=4X=48	26.81	e f g h i j k	A29	2n=2x=24	39.42	b c d e f g
A41	2n=4X=48	26.42	f g h i j k	A9	2n=4X=48	39.33	b c d e f g
A32	2n=2x=24	26.06	f g h i j k	A41	2n=4X=48	37.14	c d e f g h
A1	2n=4X=48	25.80	f g h i j k	A18	2n=4X=48	36.83	c d e f g h
A64	2n=4X=48	25.27	f g h i j k l	A46	2n=4X=48	36.20	c d e f g h
A29	2n=2x=24	24.35	g h i j k l	A21	2n=2x=24	33.89	c d e f g h
A61	2n=2x=24	24.16	g h i j k l	A2	2n=2x=24	33.83	c d e f g h
A28	2n=2x=24	24.05	g h i j k l	A33	2n=4X=48	32.98	c d e f g h
A60	2n=2x=24	23.84	g h i j k l	A5	2n=4X=48	32.39	d e f g h
A21	2n=2x=24	23.28	g h i j k l	A57	2n=4X=48	32.31	d e f g h
A15	2n=4X=48	22.18	h i j k l	A35	2n=4X=48	32.28	d e f g h
A2	2n=2x=24	21.53	h i j k l m	A61	2n=2x=24	31.19	e f g h i
A63	2n=4X=48	20.69	i j k l m	A13	2n=4X=48	29.41	e f g h i
A58	2n=4X=48	20.67	i j k l m	A28	2n=2x=24	28.70	e f g h i
A16	2n=4X=48	20.03	j k l m	A15	2n=4X=48	28.58	e f g h i
A13	2n=4X=48	19.68	j k l m	A60	2n=2x=24	25.40	f g h i
A55	2n=2x=24	19.12	j k l m	A64	2n=4X=48	25.30	f g h i
A50	2n=4X=48	16.70	k l m	A63	2n=4X=48	24.85	g h i
A9	2n=4X=48	16.69	k l m	A58	2n=4X=48	19.78	h i
A46	2n=4X=48	14.21	l m	A16	2n=4X=48	18.17	h i
A7	2n=2x=24	10.92	m	A1	2n=4X=48	12.04	i

En la comparación de medias de los efectos simples en materia seca de tubérculo (Tabla 3.21), bajo el efecto de sin sequía (SS), la accesión 54 (Yana wairyu) resultó con mayor materia seca de tubérculo promedio de 53.16% y la accesión 7 (Yuraq winchina) resultó con menor materia seca de tubérculo promedio de 10.92%; mientras, bajo el efecto de sequía severa (SV), la accesión 50 (Chanchamayina) resultó con mayor materia seca de tubérculo promedio de 60.22% y la accesión 1 (Carrasco) resultó con menor materia seca de tubérculo promedio de 12.04%, respectivamente.

Figura 3.21

Respuesta de 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en materia seca de tubérculo a los 30 días de sequía severa.



En la figura 3.21 se visualiza el efecto de sin sequía (SS) en papas nativas alcanzaron en promedio 32 % de materia seca de tubérculos, al lado izquierdo se visualiza accesiones con materia seca de tubérculos menores al promedio (10 %) y al lado derecho se visualiza accesiones con materia seca de tubérculos mayores al promedio (54 %). El efecto de sequía severa (SV) en papas nativas alcanzaron en promedio 36.5 % de materia seca de tubérculos, al lado izquierdo se visualiza accesiones con materia seca de tubérculos menores al promedio (12 %) y al lado derecho se visualiza accesiones con materia seca de tubérculos mayores al promedio (61 %).

Comparando el efecto de sequía severa (SV) con sin sequía (SS), se observa que la sequía parcial generó un avance en el incremento de materia seca de tubérculos en papas nativas diploides y tetraploides. Inga (2014) evaluó 21 genotipos de papa (*Solanum* sp.) en condición de invernadero, donde para los niveles del factor nivel de estrés (sin estrés, estrés por 30 días) en materia seca de tubérculos mostraron diferencia significativa donde el nivel sin estrés registró un promedio de 7.78 g el cual supera estadísticamente al nivel estrés de 30 días el cual tuvo un promedio de 6.59 g.

H. Materia seca aéreo de la planta

Tabla 3.22

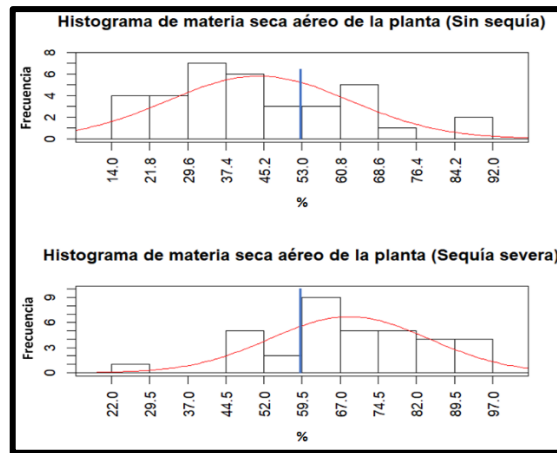
Comparación de medias de los efectos simples de sin sequía (SS) y sequía severa (SV) en materia seca aéreo de la planta de las 35 accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X).

Efecto de sin sequía (SS) en materia seca aéreo de la planta				Efecto de sequía severa (SV) en materia seca aéreo de la planta			
Accesiones (A)	Ploidía	Prom. Materia seca(%)	DLS (0.05)	Accesiones (A)	Ploidía	Prom. Materia seca(%)	DLS (0.05)
A58	2n=4X=48	91.40	a	A4	2n=4X=48	96.54	a
A13	2n=4X=48	88.23	a	A61	2n=2x=24	94.49	a b
A48	2n=2x=24	71.78	b	A58	2n=4X=48	93.17	a b c
A29	2n=2x=24	66.84	b c	A57	2n=4X=48	92.59	a b c
A60	2n=2x=24	64.88	b c d	A16	2n=4X=48	88.95	a b c d
A54	2n=2x=24	64.82	b c d	A54	2n=2x=24	86.80	a b c d
A46	2n=4X=48	64.59	b c d	A13	2n=4X=48	85.39	a b c d e
A4	2n=4X=48	62.76	b c d	A1	2n=4X=48	84.23	a b c d e f
A15	2n=4X=48	60.23	c d e	A31	2n=4X=48	81.41	a b c d e f g
A16	2n=4X=48	58.77	c d e f	A29	2n=2x=24	81.35	a b c d e f g
A1	2n=4X=48	55.18	d e f g	A28	2n=2x=24	78.27	a b c d e f g h
A57	2n=4X=48	51.33	e f g h	A46	2n=4X=48	76.38	a b c d e f g h
A31	2n=4X=48	47.99	f g h i	A49	2n=4X=48	75.96	b c d e f g h
A40	2n=2x=24	47.01	g h i j	A42	2n=4X=48	73.76	c d e f g h i
A64	2n=4X=48	44.05	h i j k	A50	2n=4X=48	71.70	d e f g h i j
A25	2n=4X=48	43.91	h i j k	A18	2n=4X=48	71.50	d e f g h i j
A33	2n=4X=48	43.67	h i j k	A40	2n=2x=24	70.61	d e f g h i j
A63	2n=4X=48	43.02	h i j k	A55	2n=2x=24	69.50	d e f g h i j
A5	2n=4X=48	41.72	h i j k l	A48	2n=2x=24	65.71	e f g h i j k
A36	2n=4X=48	41.53	h i j k l	A21	2n=2x=24	64.29	f g h i j k
A61	2n=2x=24	37.15	i j k l m	A32	2n=2x=24	64.28	f g h i j k
A42	2n=4X=48	36.70	j k l m	A9	2n=4X=48	63.73	g h i j k
A2	2n=2x=24	35.84	k l m	A15	2n=4X=48	62.79	g h i j k
A28	2n=2x=24	34.53	k l m n	A60	2n=2x=24	61.73	g h i j k
A18	2n=4X=48	33.10	k l m n	A33	2n=4X=48	61.60	g h i j k
A50	2n=4X=48	31.34	l m n	A5	2n=4X=48	60.61	h i j k
A49	2n=4X=48	30.34	m n o	A2	2n=2x=24	59.72	h i j k
A56	2n=4X=48	29.52	m n o	A36	2n=4X=48	55.39	i j k
A21	2n=2x=24	29.47	m n o	A63	2n=4X=48	54.41	i j k
A35	2n=4X=48	28.66	m n o	A35	2n=4X=48	51.88	j k
A9	2n=4X=48	24.64	n o p	A41	2n=4X=48	47.97	k
A55	2n=2x=24	19.88	o p	A25	2n=4X=48	47.83	k
A32	2n=2x=24	19.80	o p	A64	2n=4X=48	47.17	k
A7	2n=2x=24	16.53	p	A7	2n=2x=24	46.30	k
A41	2n=4X=48	14.08	p	A56	2n=4X=48	22.68	l

En la comparación de medias de los efectos simples en materia seca aéreo de la planta (Tabla 3.22), bajo el efecto de sin sequía (SS), la accesión 58 (Papa fuerte) resultó con mayor materia seca aéreo de la planta promedio de 91.40% y la accesión 41 (Kunkantullu) resultó con menor materia seca aéreo de la planta promedio de 14.08%; mientras, bajo el efecto de sequía severa (SV), la accesión 4 (Lenguas) resultó con mayor materia seca aéreo de la planta promedio de 96.54% y la accesión 56 (Corazón de cuy) resultó con menor materia seca aéreo de la planta promedio de 22.68%, respectivamente.

Figura 3.22

Respuesta de 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en materia seca aéreo de la planta a los 30 días de sequía severa.



En la figura 3.22 se visualiza el efecto de sin sequía (SS) en papas nativas alcanzaron en promedio 53 % de materia seca aéreo de la planta, al lado izquierdo se visualiza accesiones con materia seca aéreo de la planta menores al promedio (14 %) y al lado derecho se visualiza accesiones con materia seca aéreo de la planta mayores al promedio (92 %). El efecto de sequía severa (SV) en papas nativas alcanzaron en promedio 59.5 % de materia seca aéreo de la planta, al lado izquierdo se visualiza accesiones con materia seca aéreo de la planta menores al promedio (22 %) y al lado derecho se visualiza accesiones con materia seca aéreo de la planta mayores al promedio (97 %).

Comparando el efecto de sequía severa (SV) con sin sequía (SS), se observa que la sequía parcial generó un avance en el incremento de materia seca aéreo de la planta en papas nativas diploides y tetraploides. Inga (2014) evaluó 21 genotipos de papa (*Solanum* sp.) en condición de invernadero, donde para los niveles del factor nivel de estrés (sin estrés, estrés por 30 días) en materia seca de follaje mostraron diferencia significativa donde el nivel sin estrés registró un promedio de 1.08 g el cual supera estadísticamente al nivel estrés de 30 días el cual tuvo un promedio de 0.84 g.

I. Materia seca de la raíz

Tabla 3.23

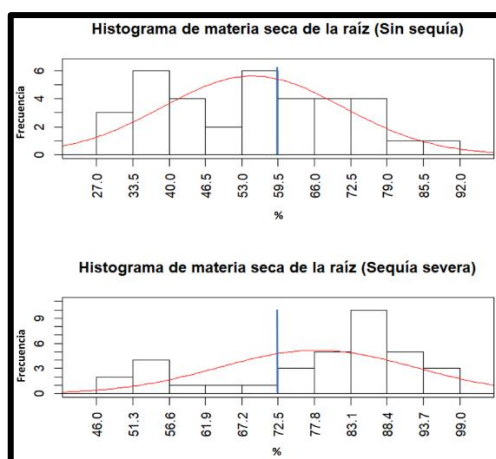
Comparación de medias de los efectos simples de sin sequía (SS) y sequía severa (SV) en materia seca de la raíz de las 35 accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X).

Efecto de sin sequía (SS) en materia seca de raíz				Efecto de sequía severa (SV) en materia seca de raíz			
Accesiones (A)	Ploidía	Prom. Materia seca(%)	DLS (0.05)	Accesiones (A)	Ploidía	Prom. Materia seca(%)	DLS (0.05)
A15	2n=4X=48	91.15	a	A1	2n=4X=48	98.21	a
A42	2n=4X=48	83.17	a b	A54	2n=2x=24	96.88	a b
A31	2n=4X=48	74.64	a b c	A48	2n=2x=24	94.58	a b
A13	2n=4X=48	73.78	b c d	A21	2n=2x=24	91.41	a b c
A64	2n=4X=48	73.41	b c d e	A40	2n=2x=24	91.29	a b c
A54	2n=2x=24	73.11	b c d e f	A57	2n=4X=48	89.73	a b c
A48	2n=2x=24	71.61	b c d e f g	A61	2n=2x=24	89.01	a b c
A1	2n=4X=48	71.10	b c d e f g h	A28	2n=2x=24	88.72	a b c
A58	2n=4X=48	70.39	b c d e f g h	A2	2n=2x=24	88.04	a b c
A4	2n=4X=48	67.19	b c d e f g h i	A18	2n=4X=48	87.91	a b c
A46	2n=4X=48	64.67	c d e f g h i	A31	2n=4X=48	86.55	a b c
A63	2n=4X=48	63.73	c d e f g h i j	A49	2n=4X=48	86.19	a b c d
A2	2n=2x=24	62.53	c d e f g h i j k	A16	2n=4X=48	85.77	a b c d
A29	2n=2x=24	60.74	c d e f g h i j k	A29	2n=2x=24	85.12	a b c d
A28	2n=2x=24	59.48	c d e f g h i j k l	A60	2n=2x=24	84.96	a b c d
A61	2n=2x=24	57.51	d e f g h i j k l m	A64	2n=4X=48	84.60	a b c d
A33	2n=4X=48	56.46	e f g h i j k l m	A4	2n=4X=48	83.88	a b c d
A21	2n=2x=24	56.15	f g h i j k l m	A58	2n=4X=48	83.33	a b c d
A36	2n=4X=48	55.76	g h i j k l m	A42	2n=4X=48	83.02	a b c d
A60	2n=2x=24	54.42	h i j k l m n	A55	2n=2x=24	80.87	a b c d
A57	2n=4X=48	52.66	i j k l m n o	A7	2n=2x=24	80.74	a b c d
A18	2n=4X=48	47.18	j k l m n o p	A15	2n=4X=48	80.51	a b c d
A40	2n=2x=24	46.16	k l m n o p	A36	2n=4X=48	78.13	a b c d e
A50	2n=4X=48	45.87	k l m n o p	A13	2n=4X=48	76.19	a b c d e
A49	2n=4X=48	42.52	l m n o p q	A46	2n=4X=48	75.61	a b c d e f
A56	2n=4X=48	41.78	m n o p q	A63	2n=4X=48	74.96	b c d e f g
A9	2n=4X=48	38.28	n o p q	A33	2n=4X=48	68.86	c d e f g h
A5	2n=4X=48	37.47	n o p q	A32	2n=2x=24	63.76	d e f g h
A41	2n=4X=48	36.19	o p q	A41	2n=4X=48	56.80	e f g h
A55	2n=2x=24	34.49	p q	A35	2n=4X=48	55.39	e f g h
A16	2n=4X=48	34.23	p q	A50	2n=4X=48	53.00	f g h
A32	2n=2x=24	33.70	p q	A5	2n=4X=48	52.95	f g h
A35	2n=4X=48	30.44	p q	A9	2n=4X=48	52.43	g h
A7	2n=2x=24	30.34	p q	A56	2n=4X=48	49.96	h
A25	2n=4X=48	27.08	q	A25	2n=4X=48	46.59	h

En la comparación de medias de los efectos simples en materia seca de la raíz (Tabla 3.23), bajo el efecto de sin sequía (SS), la accesión 15 (puka sawinto 1) resultó con mayor materia seca de la raíz promedio de 91.15% y la accesión 25 (Cuchi pelo) resultó con menor materia seca de la raíz promedio de 27.08%; mientras, bajo el efecto de sequía severa (SV), la accesión 1 (Carrasco) resultó con mayor materia seca de la raíz promedio de 98.21% y la accesión 25 (Cuchi pelo) resultó con menor materia seca de la raíz promedio de 46.59%, respectivamente.

Figura 3.23

Respuesta de 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en materia seca de la raíz a los 30 días de sequía severa.



En la figura 3.23 se visualiza el efecto de sin sequía (SS) en papas nativas alcanzaron en promedio 59.5 % de materia seca de la raíz, al lado izquierdo se visualiza accesiones con materia seca de la raíz menores al promedio (27 %) y al lado derecho se visualiza accesiones con materia seca de la raíz mayores al promedio (92 %). El efecto de sequía severa (SV) en papas nativas alcanzaron en promedio 72.5 % de materia seca de la raíz, al lado izquierdo se visualiza accesiones con materia seca de la raíz menores al promedio (46 %) y al lado derecho se visualiza accesiones con materia seca de la raíz mayores al promedio (99 %).

Comparando el efecto de sequía severa (SV) con sin sequía (SS), se observa que la sequía parcial generó un avance en el incremento de materia seca de la raíz en papas nativas diploides y tetraploides. Inga (2014) evaluó 21 genotipos de papa (*Solanum* sp.) en condición de invernadero, donde para los niveles del factor nivel de estrés (sin estrés, estrés por 30 días) en materia seca de la raíz mostraron diferencia no significativa donde el nivel sin estrés registró un promedio de 0.42 g el cual es menor al nivel estrés de 30 días el cual tuvo un promedio de 0.45 g.

3.1.4 Evaluación de los índices de sequía a los 30 días de sequía severa (SV)

Tabla 3.24

Análisis de varianza de productividad media (PM), productividad media geométrica (PMG), tolerancia (TOL), índice de tolerancia a la sequía (ITS), índice de susceptibilidad a la sequía (ISS) e índice de estabilidad de rendimiento (IER) (Anexo 7).

Ploidía	F. Variación	G. L	Productividad media (PM)	Productividad media geométrica (PMG)	Índice de tolerancia (TOL)	Índice de tolerancia a la sequía (ITS)	Índice de susceptibilidad a la sequía (ISS)	Índice de estabilidad de rendimiento (IER)
Diploide	Accesiones (A)	11	1396.9**	1073.1**	1803.9**	0.10305**	0.3872**	1023.8**
	Error	24	14.5	11.9	47.1	0.02924	0.1119	291.5
	Total	35						
	C. V (%):		9.38	9.64	19.1	37.31	31.56	37.25
Tetraploide	Accesiones (A)	22	1689.8**	1530.4**	1132.4**	0.10812**	0.4119**	1077**
	Error	46	21.6	18.4	59.9	0.02509	0.0965	525
	Total	68						
	C. V (%):		10.89	10.66	30.72	27.47	37.57	27.51

Nota: Significativo (*), altamente significativo (**).

En la tabla 3.24 se muestra análisis de varianza de los índices de sequía: PM, PMG, TOL, ITS, ISS y IER; tanto para accesiones diploides y tetraploide de manera independiente. En los resultados para las papas nativas diploides, la fuente de variación Accesiones (A) resulto altamente significativo ($p < 0.01$), para todos los índices tanto en sequía severa (SV). En los tetraploides también resultaron altamente significativo los índices.

Los coeficientes de variación en accesiones diploides varían en el rango de 9.38%-37.31%, mientras para las accesiones tetraploides varían en el rango de 10.66%-37.57%, donde los valores próximos a cero indican precisión y homogeneidad de los datos.

Tabla 3.25

Comparación de medias de los índices de sequía de PM, PMG Y TOL de las accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X) bajo el efecto de sequía severa (SV).

Ploidía	Accesiones (A)	PM	DLS (0.05)	Ploidía	Accesiones (A)	PMG	DLS (0.05)	Ploidía	Accesiones (A)	TOL	DLS (0.05)
Diploide	A60	67.84	a	Diploide	A60	63.60	a	Diploide	A2	73.21	a
	A61	64.06	a b		A28	57.14	b		A61	63.94	a b
	A28	63.94	a b		A61	55.50	b		A40	58.34	b c
	A21	58.71	b		A21	54.66	b		A28	57.30	b c
	A2	58.25	b		A2	45.20	c		A60	47.20	c d
	A40	51.26	c		A40	42.00	c		A21	42.79	d
	A29	28.19	d		A29	25.14	d		A7	31.19	e
	A7	25.10	d e		A55	20.10	d e		A29	25.51	e
	A55	21.45	e f		A7	19.66	d e		A55	11.51	f
	A32	17.44	f g		A32	16.92	e		A54	9.86	f
A54	16.67	f g	A54	15.51	e	A32	5.88	f			
A48	14.88	g	A48	14.66	e	A48	4.35	f			
Tetraploide	A63	85.94	a	Tetraploide	A16	81.61	a	Tetraploide	A63	70.65	a
	A16	84.57	a		A64	81.39	a		A15	65.58	a
	A64	83.95	a		A63	78.32	a		A57	51.28	b
	A57	70.76	b		A58	69.45	b		A16	44.05	b c
	A58	70.39	b		A57	65.88	b c		A13	43.09	b c
	A15	69.90	b		A15	61.73	c		A64	41.01	b c
	A13	56.98	c		A13	52.74	d		A18	34.23	c d
	A1	51.37	c		A1	51.30	d		A35	27.91	d e
	A41	39.45	d		A41	37.57	e		A4	25.47	d e f
	A18	39.43	d		A35	36.06	e f		A36	23.52	d e f g
	A35	38.68	d e		A18	35.50	e f		A58	22.80	d e f g
	A42	31.67	e f		A42	31.00	e f g		A41	20.62	e f g h
	A49	30.32	f g		A49	29.41	f g h		A9	20.15	e f g h i
	A9	28.51	f g h		A56	26.66	g h i		A50	17.04	e f g h i j
	A33	27.82	f g h		A33	26.59	g h i		A49	13.39	f g h i j k
	A56	26.75	f g h		A9	26.17	g h i		A31	12.69	g h i j k
	A46	26.32	f g h i		A46	26.02	g h i		A33	11.72	g h i j k
	A36	25.49	f g h i		A36	22.57	h i j		A5	9.60	h i j k
	A5	23.09	g h i j		A5	22.49	h i j		A46	7.56	i j k
	A50	22.27	h i j		A50	20.53	i j k		A42	7.36	j k
A4	18.81	i j k	A31	16.66	j k l	A25	4.67	j k			
A31	17.85	j k	A4	13.77	k l	A56	3.95	k			
A25	11.87	k	A25	11.55	l	A1	1.36	k			

En la tabla 3.25 comparación de medias DLS de los índices PM, PMG Y TOL tanto para diploides y tetraploides. En las accesiones diploides la PM varía en el rango 14.88-67.84 (g/maceta) correspondiente a las accesiones 48 (Taragallos) más susceptible y 60 (Puka ñawi) más tolerante, respectivamente; en PMG varía en el rango de 14.66-63.60 (g/maceta) correspondiente a las accesiones 48 (Taragallos) más susceptible y 60 (Puka ñawi) más tolerante respectivamente y TOL varía en el rango 4.35-73.21 (g/maceta) correspondiente a las accesiones 48 (Taragallos) más tolerante a la sequía y 2 (Peruanita) más susceptible a la sequía, respectivamente. En las accesiones tetraploides para los mismos índices, se encontró que la PM varia en el rango 11.87-85.94 (g/maceta) correspondiente a las accesiones 25 (Cuchi pelo) más

susceptible y 63 (Yungay) más tolerante, respectivamente, la PMG varia en el rango de 11.55-81.61 (g/maceta) correspondiente a las accesiones 25 (cuchi pelo) más susceptible y 16 (Mariva) más tolerante, respectivamente, y TOL varia en el rango de 1.36-70.65 (g/maceta) correspondiente a las accesiones 1 (Carrasco) más tolerante a la sequía y 63 (Yungay) más susceptible, respectivamente. Se observa que ninguna de las accesiones tanto en diploides y tetraploides domina claramente con una diferencia estadística en los tres índices.

Tabla 3.26

Comparación de medias de los índices de sequía de ITS, ISS y IER de las accesiones de papas nativas diploides (2X) y tetraploides (4X) bajo el efecto de sequía severa (SV).

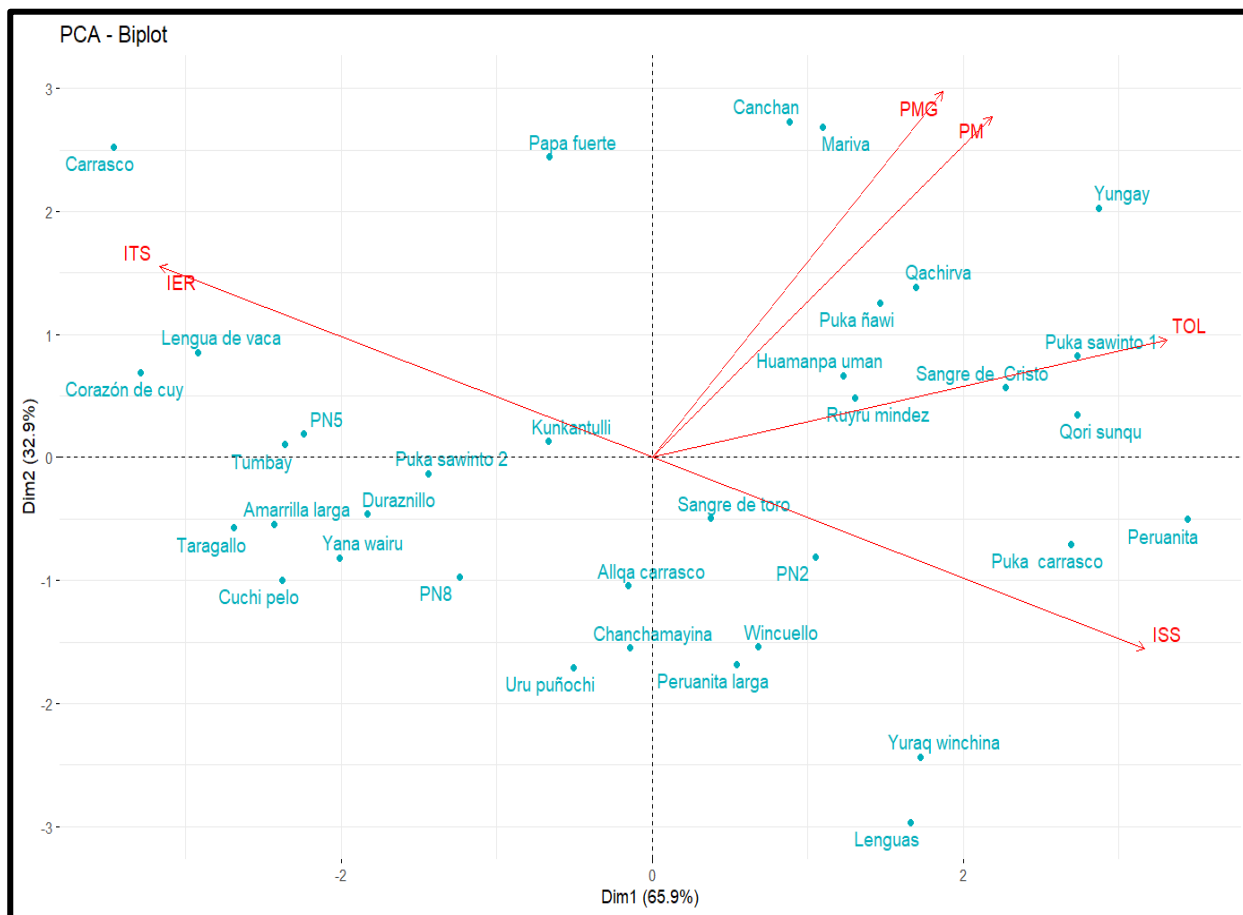
Ploidía	Accesiones (A)	ITS	DLS (0.05)	Ploidía	Accesiones (A)	ISS	DLS (0.05)	Ploidía	Accesiones (A)	IER	DLS (0.05)
Diplóide	A48	0.74	a	Diplóide	A7	1.50	a	Diplóide	A48	74.36	a
	A32	0.72	a		A2	1.50	a		A32	72.15	a
	A54	0.67	a		A40	1.42	a		A54	66.97	a
	A55	0.58	a b		A61	1.30	a b		A55	58.37	a b
	A60	0.48	a b c		A29	1.22	a b c		A60	48.38	a b c
	A21	0.46	a b c		A28	1.21	a b c		A21	46.59	a b c
	A28	0.38	b c		A21	1.04	a b c d		A28	38.11	b c
	A29	0.38	b c		A60	1.01	a b c d		A29	37.68	b c
	A61	0.33	b c		A55	0.81	b c d		A61	33.42	b c
	A40	0.27	c		A54	0.65	c d		A40	27.31	c
A2	0.23	c	A32	0.55	d	A7	23.36	c			
A7	0.23	c	A48	0.51	d	A2	23.29	c			
Tetraploide	A1	0.98	a	Tetraploide	A4	1.57	a	Tetraploide	A1	98.05	a
	A56	0.87	a b		A15	1.25	a b		A56	87.11	a b
	A42	0.84	a b c		A36	1.21	a b		A42	84.60	a b c
	A46	0.75	a b c		A18	1.19	a b c		A46	75.05	a b c
	A33	0.75	a b c		A63	1.14	a b c d		A33	74.94	a b c
	A58	0.72	a b c d		A50	1.08	a b c d e		A58	72.16	a b c d
	A25	0.69	b c d e		A13	1.07	a b c d e		A25	68.81	b c d e
	A5	0.67	b c d e f		A31	1.04	b c d e f		A5	66.85	b c d e f
	A49	0.65	b c d e f g		A35	1.04	b c d e f		A49	65.21	b c d e f g
	A64	0.61	c d e f g h		A57	1.03	b c d e f		A64	60.82	c d e f g h
	A41	0.60	c d e f g h		A9	1.01	b c d e f		A41	59.71	c d e f g h
	A16	0.59	c d e f g h		A16	0.80	b c d e f g		A16	58.86	c d e f g h
	A9	0.48	d e f g h		A41	0.79	b c d e f g		A9	48.07	d e f g h
	A57	0.47	d e f g h		A64	0.77	b c d e f g		A57	47.41	d e f g h
	A31	0.47	d e f g h		A49	0.68	c d e f g h		A31	47.08	d e f g h
	A35	0.47	d e f g h		A5	0.65	d e f g h		A35	46.95	d e f g h
	A13	0.45	e f g h i		A25	0.61	e f g h		A13	45.09	e f g h i
	A50	0.45	e f g h i		A58	0.55	f g h i		A50	44.70	e f g h i
	A63	0.42	f g h i		A46	0.49	g h i		A63	41.88	f g h i
	A18	0.39	g h i		A33	0.49	g h i		A18	39.42	g h i
A36	0.38	h i	A42	0.30	g h i	A36	38.24	h i			
A15	0.36	h i	A56	0.25	h i	A15	36.16	h i			
A4	0.20	i	A1	0.04	i	A4	20.08	i			

En la tabla 3.26 comparación de medias DLS de los índices ITS, ISS y IER tanto para diploides y tetraploides. En las accesiones diploides la ITS varía en el rango 0.23-0.74 correspondiente a las accesiones 7 (Yuraq winchina) más susceptible y 48 (Taragallo) más tolerante, respectivamente; en ISS varía en el rango de 0.51-1.50 correspondiente a las accesiones 48 (taragallo) más tolerante y 7 (Yuraq winchina) más susceptible, respectivamente e IER varía en el rango 23.29%-74.36% correspondiente a las accesiones 2 (Peruanita) más susceptible y 48 (Taragallo) más tolerante, respectivamente. En comparación de medias de los tetraploides para los mismos índices, se encontró que la ITS varia en el rango 0.20-0.98 correspondiente a las accesiones 4 (Lenguas) más susceptible y 1 (Carrasco) más tolerante, respectivamente, la ISS varia en el rango de 0.04-1.57 correspondiente a las accesiones 1 (Carrasco) más tolerante y 4 (Lenguas) más susceptible, respectivamente y IER varia en el rango de 20.08%-98.05% correspondiente a las accesiones 4 (Lenguas) más susceptible y 1 (Carrasco) más tolerante. Se observa que ninguna de las accesiones tanto en diploides y tetraploides domina claramente con una diferencia estadística en los tres índices.

3.1.4.1 Análisis de componentes principales (PCA)

Figura 3.24

Biplot de las 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides bajo el efecto de la sequía severa (SV).



Nota: Índices de sequía PM (productividad media), PMG (productividad media geométrica), TOL (tolerancia), IER (índice de estabilidad de rendimiento), ITS (índice de tolerancia a la sequía) y ISS (índice de susceptibilidad a la sequía).

En la figura 3.24 se muestra la distribución individual de las accesiones en un plano bidimensional, de acuerdo a los índices de sequía en la sequía severa (SV) en este resultado las accesiones de papas nativas se agrupan de acuerdo a los valores de los índices de sequía considerando el 98.8 % de variancia. Las accesiones que están agrupados en el primer cuadrante tienen valores similares en los índices de sequía, lo mismo ocurre en los demás cuadrantes. Cuando las accesiones se encuentran ubicados muy cercano en el plano, significa que a nivel de los índices son muy parecidos (por ejemplo, la accesión Puka sawinto 1 y Sangre de cristo); mientras cuando las accesiones se alejan más entre sí, significa que a nivel de los índices son muy distintos (por ejemplo, la accesión Yungay y Lenguas). Según la figura 3.27 Los índices

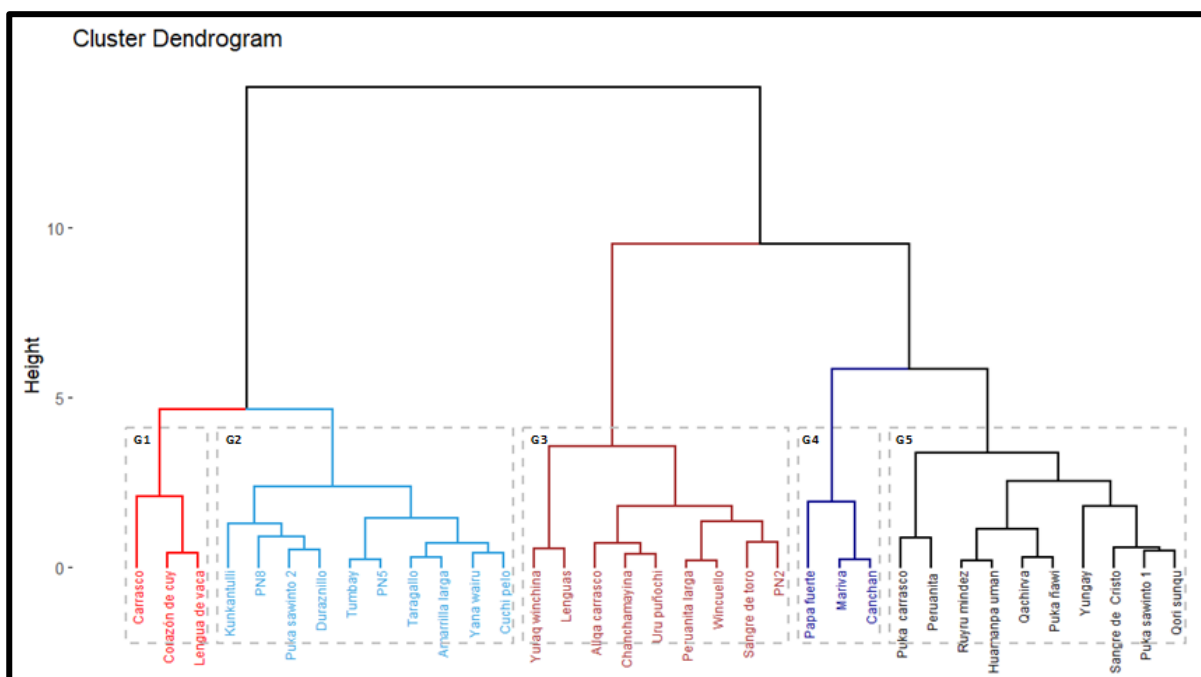
ITS e IER, PM Y PMG tienen una alta grado de asociación, lo cual se deduce por el ángulo agudo que forman, a diferencia de los demás índices, es decir que a medida que los ángulos sean más agudos las correlaciones entre los índices se incrementan (se aproxima a la unidad).

En la figura 3.24 las accesiones que están cerca a los índices PM y PMG, presentan tolerancia al estrés hídrico (Yungay, Mariva, Qachirva, Puka ñawi, y Canchan), y las accesiones que están en el lado opuesto de estos índices presentan susceptibilidad al estrés hídrico (Taragallo, Cuchi pelo, Yana wairu, Amarilla larga, Duraznillo, PN8 y Uru puñoichi). Contrariamente a lo que pasa con el índice de sequía TOL, los más cercanos a este son más susceptibles al estrés hídrico (Puka sawinto 1, Qori sunqu, Sangre de Cristo y Yungay) y las accesiones que están al lado opuesto son más resistentes al estrés hídrico (Taragallo, Cuchi pelo, Amarilla larga, Yana wairu y Duraznillo). Las accesiones cercanas a los índices ITS y IER, son más tolerantes al estrés hídrico (Carrasco, lengua de vaca y Corazón de cuy), y las accesiones que están a lado opuesto son más susceptibles al estrés hídrico (Peruanita, Yuraq winchina, Lenguas y Puka carrasco). Respecto al índice de sequía ISS, los más cercanos a este son más susceptibles al estrés hídrico (Peruanita, Yuraq winchina, Lenguas y Puka carrasco) y las accesiones que están al lado opuesto son más tolerantes al estrés hídrico (Carrasco, lengua de vaca y Corazón de cuy).

3.1.4.2 Agrupamiento cluster-jerarquico

Figura 3.25

Dendrograma general de las 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides según según los índices de sequía en la sequía severa (SV).



Nota: PN8 (Papa nativa 8), PN5(Papa nativa 5), PN2 (Papa nativa 2).

En la figura 3.25 se muestra la agrupación de las 35 accesiones de papas nativas en base a los índices de sequía, bajo el efecto de sequía severa (SV), donde se observa que formaron 5 grupos a un umbral de disimilitud 5, de acuerdo a la métrica de distancia “euclidiana” y método de enlace “single linkage”.

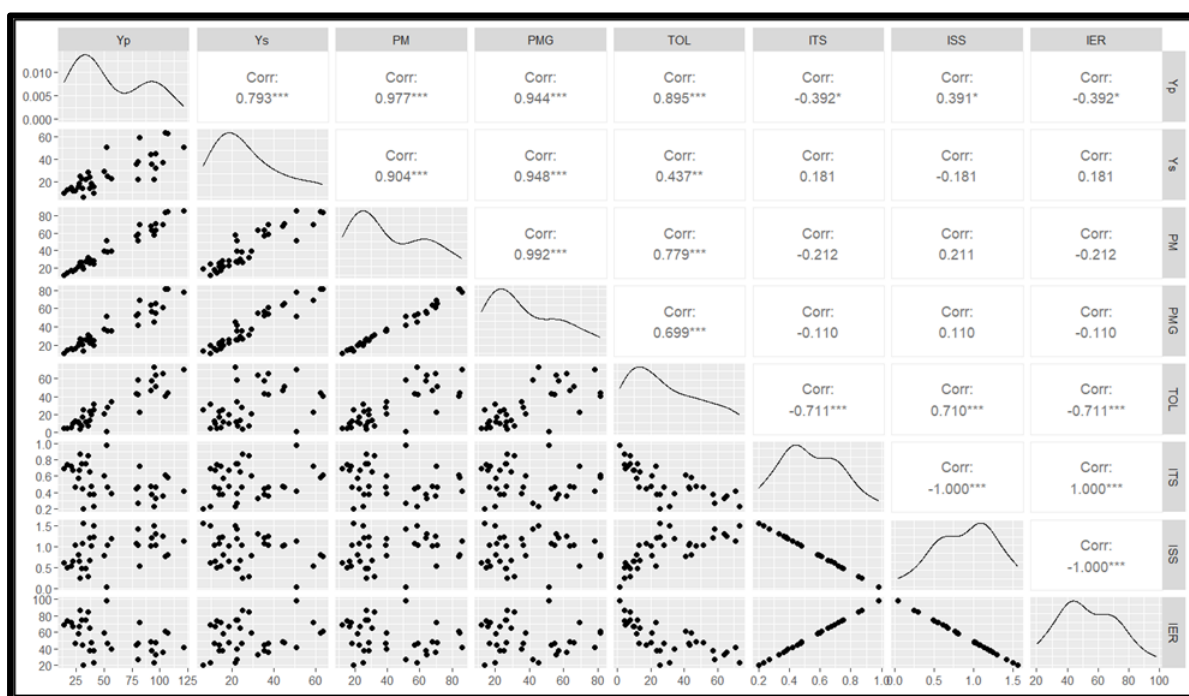
En el primer grupo (G1) se encuentra la accesión Carrasco, Corazón de cuy y Lengua de vaca; en el segundo grupo (G2) se encuentran las accesiones Kunkantullu, PN8, Puka sawinto 2, Duraznillo, Tumbay, PN5, Taragallo, Amarilla larga, Yana wairu y Cuchi pelo; en el tercer grupo (G3) se encuentran las accesiones Yuraq winchina, Lenguas, Allqa carrasco, Chanchamayina, Uru puñochi, Peruanita larga, Wincuello, Sangre de toro y PN2; en el cuarto grupo (G4) se encuentran las accesiones Papa fuerte, Mariva y Canchan, y en el quinto grupo (G5) se encuentran las accesiones Puka carrasco, Peruanita, Ruyru mindez, Huamanpa uman, Qachirva, Puka ñawi, Yungay, Sangre de cristo, Puka sawinto 1 y Qori sunqu. Las accesiones que forman cada grupo guardan cierta similitud a nivel de los valores de los seis índices de sequía, es decir que esas accesiones tienen un comportamiento similar a la sequía inducida, por

ejemplo, en el grupo 1,2 y 4 están las accesiones que mostraron más tolerancia a la sequía severa (SV) y en el grupo 3 y 5, las accesiones más susceptibles.

3.1.4.3 Correlación de los índices de sequía

Figura 3.26

Coeficiente de correlación entre rendimiento e índices de sequía severa (SV) en 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides.



Nota: Yp (rendimiento promedio de cada accesión en condición de control) y Ys (rendimiento promedio de cada accesión en condición de sequía parcial).

En la figura 3.26 se muestra el coeficiente de correlación de los índices de sequía de acuerdo a la evaluación de la sequía severa (SV). En este resultado se muestra una alta correlación positiva entre Yp (rendimiento promedio de cada accesión en condición de control) y Ys (rendimiento promedio de cada accesión en condición de sequía parcial), 0.793***, esto indica que hay una relación directamente proporcional (Yp incrementa por ende Ys incrementa), los mismo pasa entre Yp y PM, 0.977***; entre Ys y PM, 0.904***; entre Yp y PMG, 0.944***; entre Ys y PMG, 0.948***, entre PM y PMG, 0.992***; entre Yp y TOL, 0.895***; entre Ys y TOL, 0.437***; entre PM y TOL, 0.779***; entre PMG y TOL, 0.699***, entre Yp y ISS, 0.391*; entre TOL y ISS, 0.710***: entre ITS y IER, 1.000***, respectivamente. El coeficiente de correlación entre Yp y ITS se muestra negativo y significativo, -0.392*, esto indica alto grado de asociación inverso entre estos índices de sequía (Yp incrementa por ende ITS disminuye);

entre TOL y ITS, -0.711***; entre ITS y ISS, -1.000***; entre Yp y IER, -0.392; entre TOL y IER, -0.711***, entre ISS y IER, -1.000***, respectivamente.

En la parte diagonal de la figura 3.26 se muestra el comportamiento normal de los índices, además se muestra dispersión de puntos para cada coeficiente de correlación de acuerdo al grado de asociación entre los índices de sequía.

3.2 Análisis molecular

3.2.1 Resultados de la extracción de ADN

En la tabla 3.27 y figura 3.27 se presentan los resultados de la cantidad y calidad de ADN por espectrofotometría y densitometría en gel de agarosa al 2% y electroforesis horizontal, respectivamente. Se muestra la cantidad y calidad de ADN de las 11 accesiones de papas nativas realizado por espectrofotometría, reportando concentraciones en el rango de 384.5 – 1066.4 ng/uL y una absorbancia (A260/A280) de 1.89 – 2.04 los cuales indican que se encuentran en el rango óptimo categorizado como ADN de buena calidad.

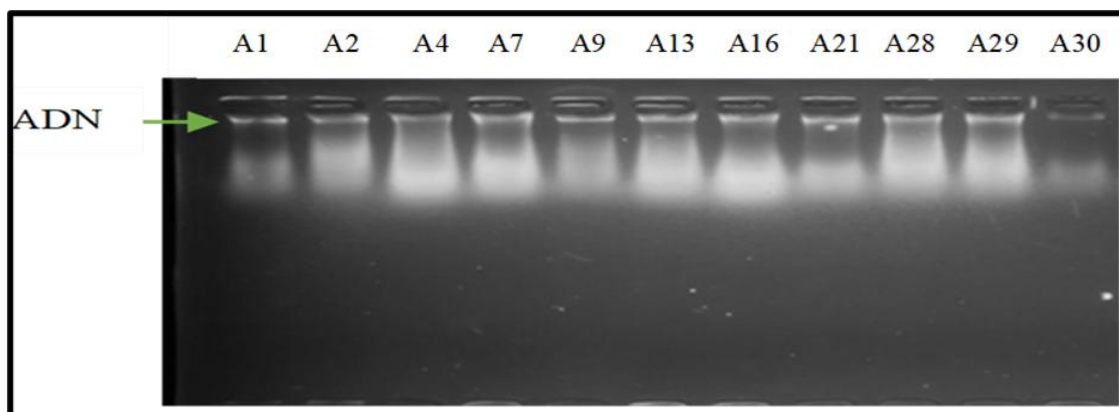
Tabla 3.27

Resultados de la cantidad (ng/uL) y calidad de ADN (A260/A280), por espectrofotometría.

Accesiones	[ADN (ng/uL)	A260/A280 1.8-2.0
A1	702.7	1.96
A2	667.4	2
A4	479.2	1.97
A7	907.3	1.95
A9	690.1	1.91
A13	532.3	1.89
A16	384.5	1.96
A21	1066.4	2
A28	872.4	1.92
A29	787.7	1.95
A30	944.8	1.97

Figura 3.27

Resultados de Calidad de ADN por densitometría.



Nota: A1(Carrasco), A2 (Peruanita), A4 (Lenguas), A7 (Yuraq winchina), A9 (Allqa carrasco), A13 (Ruyru mindez), A16 (Mariva), A21(Huamampa uman), A28 (Sangre de Cristo), A29 (Wincuello), A30 (Atuqpa papan, control +).

3.2.2 Estandarización de PCR punto final para el gen *St* aldehído abscísico oxidasa (AAO)

La prueba para estandarización de PCR se realizó en 5 accesiones de papas diploides, 5 accesiones de papas tetraploides y más un control positivo a la accesión 30 (Atuqpa papan) se tomó como antecedente el trabajo de Velasco (2012). El master mix se hizo con un volumen para 1Rx de 20 uL (10.4uL NFW; 2.0uL Buffer; 1.6uL MgCl₂; 0.8uLdNTPs; 1.5uL F y R; 0.2uL Taq polimerasa y 2.0uL de ADN [15 ng/uL]) que se muestra en la tabla 3.28. La electroforesis se realizó en gel de agarosa al 2.5% corridos a 80V/70A/1°30'. Se diseñó un perfil térmico con 33 ciclos el cual se muestra en la tabla 3.29.

Tabla 3.28

*Master mix para la evaluación de la presencia del gen *St* AAO.*

Reactivos	Volumen(uL)	
	1Rx	16Rx
NFW	10.4	166.4
Buffer(5x)	2	32
MgCl ₂ (25mM)	1.6	25.6
dNTPs(10uM)	0.8	12.8
F[10uM]	1.5	24
R[10uM]	1.5	24
TaqDNA polimerasa	0.2	3.2
DNA molde (15ng/uL)	2	2
V. total	20	290

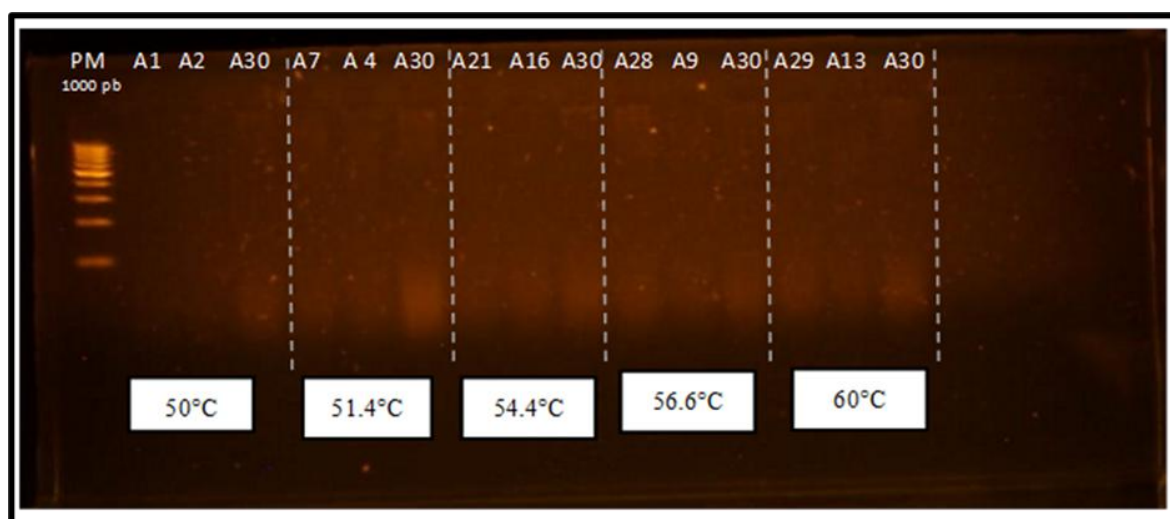
Tabla 3.29

Diseño del perfil térmico para el gen St AAO.

Perfil térmico	
Calentamiento	94°C/2'30''
Denaturación	94°C/40''
Anillamiento	50°C/40''
	51.4°C/40''
	54.4°C/40''
	56.6°C/40''
	60°C/40''
Extensión	72°C/1'
Extensión final	72°C/5'

Figura 3.28

Foto-documentación de electroforesis de los resultados de PCR para el gen St AAO.



Nota: A1 (Carrasco,4x), A2 (Peruanita,2x), A30 (Atuqpa papan,3x; control +), A7 (Yuraq winchina,2x), A21 (Huamanpa uman,2x), A16 (Mariva,4x), A28 (Sangre de cristo,2x), A9 (Allqa carrasco,4x), A29 (Wincuello,2x), A13 (Ruyru mindez,4x).

En la figura 3.28 no se diferencia exactamente las bandas amplificadas del gen *st aao* y mediante qPCR confirmamos la presencia o usencia de este gen *st aao*, ya que esta técnica es más sensible.

Velasco (2012), observo la presencia del gen *St aldehído abscísico oxidasa* involucrado en la resistencia a la sequía, en *S. tuberosum* cv. Karú y *S. tuberosum* cv. Yangana, donde en *S. tuberosum* cv. Karú mostro bandas más nítidas a diferencia en *S. tuberosum* cv. Yangana empleando un master mix con un volumen para 1Rx de 20 uL (10.4uL NFW; 2.0uL Buffer;

1.6uL MgCl₂; 0.8uLdNTPs; 1.5uL F y R; 0.2uL Taq polimerasa y 2.0uL de ADN [15 ng/uL]) y para la electroforesis un gel de agarosa al 2.5% corridos a 80V/70A/1°30'.

3.2.3 Prueba de PCR tiempo real (qPCR)

Se realizó un PCR en tiempo real (qPCR), ya que este es más sensible al ser un PCR cuantitativa, se obtuvo los siguientes resultados que se muestran en las tablas 3.31, 3.32, 3.33 y 3.34.

Tabla 3.30

Master mix para dos concentraciones diferentes de ADN molde para la evaluación de la presencia del gen St AAO.

Reactivos	Volumen(uL)		Reactivos	Volumen(uL)	
	1Rx	3Rx		1Rx	3Rx
MiSyBr	10	30	MiSyBr	10	30
NFW	5	15	NFW	5	15
F[10uM]	1.5	4.5	F[10uM]	1.5	4.5
R[10uM]	1.5	4.5	R[10uM]	1.5	4.5
DNA molde (15ng/uL)	2	2	DNA molde (10ng/uL)	2	2
V. total	20	26	V. total	20	26

Tabla 3.31

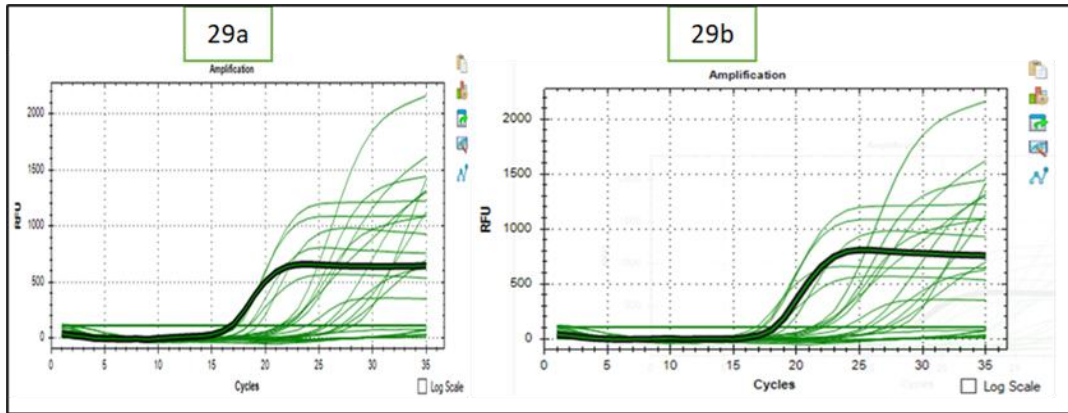
Resultados de los valores C_q obtenido en 3 accesiones (acc29, acc2 y acc28) de papa luego de PCR tiempo real (qPCR).

Well	Sample	Gene	[ng/uL]	C _q
1	29a	Staa0	15	16.75
2	29b	Staa0	10	18.28
3	2a	Staa0	15	17.20
4	2b	Staa0	10	19.22
5	28a	Staa0	15	17.33
6	28b	Staa0	10	18.38

Nota: a=concentración de ADN [15 ng/uL]; b= concentración de ADN [10 ng/uL]

Tabla 3.32

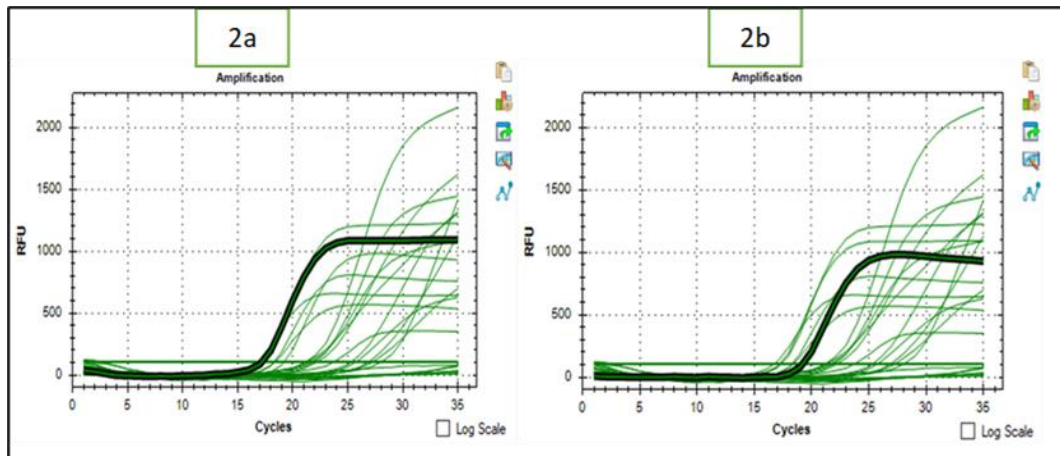
Curva de concentración de qPCR muestra 29a y 29b.



Nota: Accesoión 29 (Wincuello).

Tabla 3.33

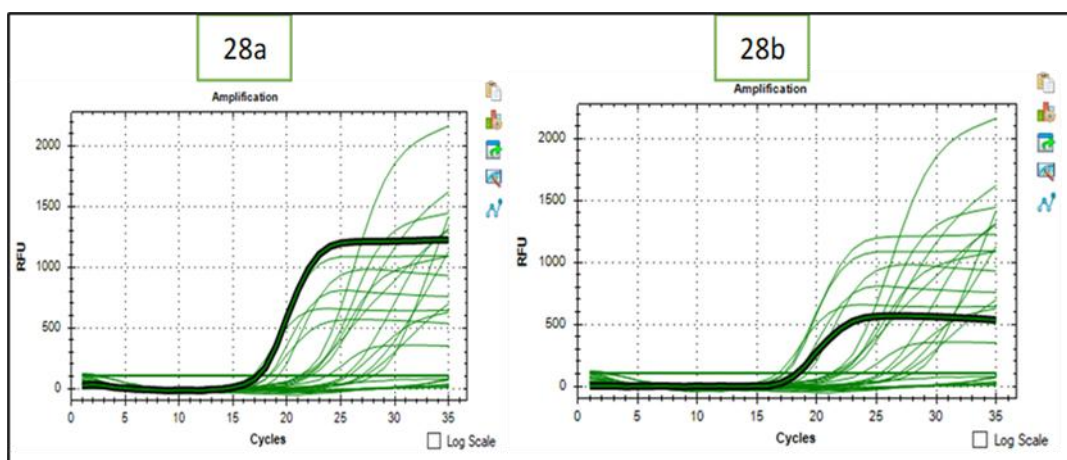
Curva de concentración de qPCR muestra 2a y 2b.



Nota: Accesoión 2 (Peruanita).

Tabla 3.34

Curva de concentración de qPCR muestra 28a y 28b.



Nota: Accesoión 28 (Sangre de Cristo).

CONCLUSIONES

Bajo los parámetros de estudio en el campo y el laboratorio, se obtienen las siguientes conclusiones:

1. **A los 15 días de sequía parcial (SP)** se determinó accesiones tolerantes a la sequía: En altura la accesión 41 (Kunkantullu, 65.33 cm), en número de hojas la accesión 57 (Qachirva, 29 unidades), en número de tallos la accesión 29 (Wincuello, 3 unidades), en área de frondosidad la accesión 2 (Peruanita, 516.67 cm²), en número de tubérculos la accesión 16 (Mariva, 21.67 unidades), en peso de tuberculos la accesión 63 (Yungay, 104.32 (g/plta)), en materia seca de tubérculos la accesión 48 (Taragallo, 59.38%), en materia seca aéreo de la planta la accesión 29 (Wincuello, 92.75%), en materia seca de la raíz la accesión 61 (Qori sunqu, 96.90%). En los índices de sequía PM la accesión 28 (Sangre de cristo, 87.33 g/plta) y la accesión 63 (Yungay, 112.79g/plta); PMG la accesión 28 (Sangre de cristo, 87.17g/plta) y la accesión 63 (Yungay, 112.44g/plta); TOL la accesión 55 (PN8, 1.69/plta) y la accesión 31 (Uru puñochi, 0.20/plta); ITS la accesión 55 (PN8, 0.94) y la accesión 31 (Uru puñuchi, 1.04); IER la accesión 55 (PN8, 93.96%) y la accesión 31 (uru puñuchi, 104.46%); ISS la accesión 55 (PN8, 0.23) y la accesión 31 (uru puñuchi, -0.17). **A los 30 días de sequía severa (SV)** se determinó accesiones tolerantes a la sequía: En altura la accesión 41 (Kunkantullu, 55.33 cm), en número de hojas la accesión 57 (Qachirva, 23.67 unidades), en número de tallos la accesión 57 (Qachirva, 6.33 unidades), en área de frondosidad la accesión 16 (Mariva, 325 cm²), en número de tubérculos la accesión 16 (Mariva, 32.33 unidades), en peso de tuberculos la accesión 64 (Canchan, 63.44 g/plta), en materia seca de tubérculos la accesión 50 (Chanchamayina, 60.22%), en materia seca aéreo de la planta la accesión 4 (Lenguas, 96.54%), en materia seca de la raíz la accesión 1 (Carrasco, 98.21%). En los índices de sequía PM la accesión 60 (Puka ñawi, 67.84 g/plta) y la accesión 63 (Yungay, 85.94g/plta); PMG la accesión 60 (Puka ñawi, 63.60g/plta) y la accesión 16 (Mariva, 81.61g/plta); TOL la accesión 48 (Taragallo, 4.35/plta) y la accesión 1 (Carrasco, 1.36/plta); ITS la accesión 48 (Taragallo, 0.74) y la accesión 1 (Carrasco, 0.98); IER la accesión 48 (Taragallo, 74.36%) y la accesión 1 (Carrasco, 98.05%); ISS la accesión 48 (Taragallo, 0.51) y la accesión 1 (Carrasco, 0.04).

2. El ensayo de estandarizado PCR punto final para el gen ST AAO (*St aldehído abscísico oxidasa*) resistente a sequía por estrés hídrico consta de un Master mix con volumen para 1Rx de 20 uL (10.4uL NFW; 2.0uL Buffer; 1.6uL MgCl₂; 0.8uLdNTPs; 1.5uL F y R; 0.2uL Taq polimerasa y 2.0uL de ADN [15 ng/uL]) el perfil térmico consta de 33 ciclos (T° calentamiento

94°C por 2'30"; Denaturación 94°C por 40"; Anillamiento 50°C por 40", 51.4°C por 40", 54.4°C por 40", 56.6°C por 40", 60°C por 40"; Extensión 72°C por 1' y extensión final de 72°C 5') visualizadas en gel de agarosa al 2.5% corridos 80V/70A/1'30'. Para PCR tiempo real consta de un Master mix con volumen para 1Rx de 10uL HiSYBR (Sybergreen) [1X]; 1.5uL primer F [10uM] y 1.5uL primer R [10uM] y 2uL ADN molde [A:20 ng/uL; B: 10 ng/uL]; 5uL NFW, completando el volumen total de 20uL con el mismo perfil térmico a 35 ciclos; donde se observó la presencia (curva) del gen ST AAO.

RECOMENDACIONES

1. Realizar investigaciones sobre la diversidad genética en papas nativas, especialmente en las áreas poco estudiadas de nuestra región de Ayacucho, con el fin de salvaguardar el recurso genético e identificar accesiones con tolerancia y/o resistencia a factores abióticos para el mejoramiento de este cultivo respecto al estrés hídrico, helada.
2. Llevar a cabo la selección molecular en las accesiones de papas nativas de Ayacucho, con el objetivo de identificar accesiones portadoras del gen STAAO, el cual confiere tolerancia al estrés hídrico.
3. Realizar investigaciones de cultivos resistentes al exceso de humedad, provocados por lluvias torrenciales e inundaciones, como consecuencia del fenómeno El Niño en la agricultura, especialmente en Perú.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abriata, L. A., Aguilar, O. M., Almasia, N., Emiliano, A., Sebastian, A., Ariel, B., Paula, B., Maria, B., Fernando, B. A., Mariano, B., Moises, B., Susana, C., Fernando, C., Alicia, C., Nestor, C., Paula, C., Atilio Pedro, C., Gerardo, D, C., Nadia, C., ... Noga, Z. (2011). *Biología y Mejoramiento Vegetal II* (G. Levituz, V. Echenique, C. Rubinstein, E. Hopp, & L. Mroginski (eds.); 2nd ed.). INTA. <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/BiotecnologiayMejoramientovegetalIII.pdf>
- Alejos, V. L. P., Aragón, M. M. C., Cornejo, R. A., & Fierro, F. F. (2015). Extracción y purificación de ADN. In *Unidad de Biotecnología y Prototipos. Universidad Nacional Autónoma de México* (Vol. 36, Issue 4). https://www.researchgate.net/profile/Alejandra-Vazquez-Lobo/publication/280731680_Microsatelites/links/55c3903008aeca747d5fa98f/Microsatelites.pdf#page=17
- Aina, O., Bakare, O. O., Fadaka, A. O., Keyster, M., & Klein, A. (2024). Plant biomarkers as early detection tools in stress management in food crops: a review. In *Planta* (Vol. 259, Issue 3). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s00425-024-04333-1>
- Barra, M., Meneses, C., Riquelme, S., Pinto, M., Lagüe, M., Davidson, C., & Tai, H. H. (2019). Transcriptome Profiles of Contrasting Potato (*Solanum tuberosum* L.) Genotypes under Water Stress. *Agronomy*, 9(12), 1–18. <https://doi.org/10.3390/agronomy9120848>
- Bedogni, M. C., Capezio, S., & Huarte, M. (2016). Comportamiento frente a estrés hídrico de variedades nativas y especies silvestres de papa. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 15(1), 72-75. <https://doi.org/10.37066/ralap.v15i1.157>
- Cabello, R., Monneveux, P., De Mendiburu, F., & Bonierbale, M. (2013). Comparison of yield based drought tolerance indices in improved varieties, genetic stocks and landraces of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Euphytica*, 193(2), 147–156. <https://doi.org/10.1007/s10681-013-0887-1>

Castillo S, B. V. (2013). Determinación de idiotipos de planta con tolerancia a la sequía basado en el estudio de diez clones de papa (*solanum tuberosum l.*) bajo condiciones de zona arida, Arequipa-Perú [UNIVERSIDAD NACIONAL SAN AGUSTIN]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4095>

Centro Internacional de la Papa. (1998). *Protocolos de Laboratorio de Biología Molecular. Tipificación genética* (L. Corbin (ed.); 2nd ed.). <https://books.google.com.uy/books?id=ZmxTOpPjHZIC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

Chuchón Prado. R. (2019). LÁMINAS DE RIEGO EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum L.*) VARIEDAD “UNICA” MEDIANTE RIEGO POR GOTEO EN LA MOLINA [tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina].

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4245/chuchon-prado-rudy.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Delgado Reynoso. D.S. (2018). DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN LISÍMETRO DE DRENAJE LIBRE PARA LA DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE CULTIVO (Kc) PARA LA VARIEDAD DE PAPA (*Solanum tuberosum L.*) cv. ÚNICA EN CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS DEL DISTRITO DE HUNTER, AREQUIPA. [tesis de pregrado, Universidad Católica de Santa María]. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/server/api/core/bitstreams/26baa376-8f87-4b96-b441-6770b1c20ad3/content>

Depuydt, S., & Hardtke, C. S. (2011). Hormone signalling crosstalk in plant growth regulation. *Current Biology*, 21(9), R365–R373. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2011.03.013>

Egúsqüiza, R. B. (2000). *LA PAPA : Producción, Transformación y Comercialización*.

Fahad, S., Hussain, S., Bano, A., Saud, S., Hassan, S., Shan, D., Khan, F. A., Khan, F., Chen, Y., Wu, C., Tabassum, M. A., Chun, M. X., Afzal, M., Jan, A., Jan, M. T., & Huang, J. (2015). Potential role of phytohormones and plant growth-promoting rhizobacteria in abiotic stresses: consequences for changing environment. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(7), 4907–4921. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3754-2>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2020). El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2020. Superar los desafíos relacionados con el agua en la agricultura. In *Idesia* (Vol. 32). <https://doi.org/10.4060/cb1447es>
- Fernández, R., Lizana, C., & Behn, A. (2022). Biodiversidad, conservación y mejoramiento del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) con énfasis en el grupo Chilotanum. *Agro Sur*, 50(2), 1–11. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2022.v50n2-01>
- Finkelstein, R. (2013). Abscisic Acid Synthesis and Response. *The Arabidopsis Book*, 11, e0166. <https://doi.org/10.1199/tab.0166>
- Guerrero, M. J. L., Castañed, C. L., Garay, A. H., Hernández, P. A. M., & Cerrilla, M. E. O. (2018). Performance of dry matter yield and its components in germoplasm of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, 9(3), 487–505. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i3.4440>
- Hoelle, J., Asch, F., Khan, A., & Bonierbale, M. (2020). Phenology-adjusted stress severity index to assess genotypic responses to terminal drought in field grown potato. *Agronomy*, 10(9). <https://doi.org/10.3390/agronomy10091298>
- Huaman, Z. (2008). *Discriptores morfologicos de la papa (solanum tuberosum L.)* (CCBAT (ed.)). Producciones Gráficas s.l. <https://ccbat.es/documentos/descriptores.pdf>
- Inostroza, J. F., Méndez, P. L., & Sotomayor, L. T. (2016). Botánica y morfología de la papa. *INIA Carillanca*, 1, 7–13. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/7275/NR36476.pdf?sequence=6&isAllowed=y#:~:text=La papa es una planta,de crecimiento arrosetado o semiarrosetado.>
- Inga Ramos, M. R. (2014). Respuesta al estrés por déficit Hídrico en genotipos de papa (*Solanum sp.*) bajo condiciones de invernadero. *Universidad Nacional del Centro del Perú*. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/596>
- Jalali, M., Zaborowska, J., & Jalali, M. (2017). The Polymerase Chain Reaction: PCR, qPCR, and RT-PCR. In *Basic Science Methods for Clinical Researchers*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803077-6.00001-1>
- Jiang, F., & Hartung, W. (2008). Long-distance signalling of abscisic acid (ABA): The factors regulating the intensity of the ABA signal. *Journal of Experimental Botany*, 59(1), 37–43.

<https://doi.org/10.1093/jxb/erm127>

- Kesiime, V. E., Tusiime, G., Kashaija, I. N., Edema, R., Gibson, P., Namugga, P., & Kakuhenzire, R. (2016). Characterization and Evaluation of Potato Genotypes (*Solanum tuberosum* L) for Tolerance to Drought in Uganda. *American Journal of Potato Research*, 93(6), 543–551. <https://doi.org/10.1007/s12230-016-9533-5>
- Korva, J. T. (1996). Grids in ground cover measurements. *Potato research*, 39, 533-540. <https://doi.org/10.1007/BF02358472>
- Lozano-Povis, A., Alvarez-Montalván, C. E., & Moggiano, N. (2021). Climate change in the Andes and its impact on agriculture: a systematic review. *Scientia Agropecuaria*, 12(1), 101–108. <https://doi.org/10.17268/SCI.AGROPECU.2021.012>
- Martínez-Melgarejo, P. A. (2021). *Role of ABA in the regulation of root architecture under abiotic stress conditions in tomato (Solanum lycopersicum) and soybean (Glycine max (L.) Merr.)*. *Papel* [Universidad de Murcia]. <https://digitum.um.es/digitum/handle/10201/116984>
- Mas, E., Poza, J., Ciriza, J., Zaragoza, P., & Osta, R. (2001). Fundamento de la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR). *AcuaTIC*, 15, 10. <http://www.revistaaquatic.com/ojs/index.php/aquatic/article/view/139>
- Matailo-Ramirez, L. M., Luna-Romero, A. E., Cervantes Alava, A. R., & Vega Jaramillo, F. Y. (2019). Sequías: efecto sobre los recursos naturales y el desarrollo sostenible. *Revista Científica Agroecosistemas*, 1–9. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/331>
- Matteau, J. P., Célécourt, P., Létourneau, G., Gumiere, T., & Gumiere, S. J. (2021). Potato varieties response to soil matric potential based irrigation. *Agronomy*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/agronomy11020352>
- Marmolejo Gutarra, D., & Ruiz Velásquez, J. E. (2018). Tolerancia de papas nativas (*Solanum* spp.) a heladas en el contexto de cambio climático. *Scientia Agropecuaria*, 9(3), 393-400. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172018000300010&script=sci_arttext
- Ministerio de Agricultura. (2017). Papa: Características de la Producción Nacional y de la Comercialización en Lima Metropolitana. In *Bolitin* (p. 13). <https://www.midagri.gob.pe/portal/analisis-economico/analisis->

2017?download=11225:boletin-de-produccion-nacional-de-papa

- Montalvo Navarro, C. A., & Lugo Flores, M. A. (2016). Electroforésis: Fundamentos, Avances Y Aplicaciones. *Epistemus*, 13(26), 48–54. <https://epistemus.unison.mx/index.php/epistemus/article/view/96>
- Morales, A., Morales, A. & Rodríguez, D., (2016). *Índices agronómicos para determinar tolerancia a sequía en variedades de papa (Solanum tuberosum L.)*. 1-8. https://www.researchgate.net/publication/374116591_Indices_agronomicos_para_determinar_tolerancia_a_sequia_en_variedades_de_papa_Solanum_tuberosum_L
- Moreno, L. P. (2009). Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico . Una revisión Plant responses to water deficit stress . A review. *Agronomía Colombiana*, 27(2), 179–191. <https://www.scielo.org.co/pdf/agc/v27n2/v27n2a06.pdf>
- Muñoz, D. R. (2022). Caracterización y Selección molecular de accesiones de Papas Nativas (*Solanum spp*). con genes para resistencia a *Phytophthora infestans*, La Mar, Ayacucho[tesis de pregrado, universidad nacional San Cristóbal de huamanga].
- Nambara, E., & Marion-Poll, A. (2005). Abscisic acid biosynthesis and catabolism. *Rev. Plant Biol*, 56, 165–185. <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.arplant.56.032604.144046>
- Nasir, M. W., & Toth, Z. (2022). Effect of Drought Stress on Potato Production: A Review. *Agronomy*, 12(3), 22. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030635>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2020. Superar los desafíos relacionados con el agua en la agricultura. In *Idesia* (Vol. 32). <https://doi.org/10.4060/cb1447es>
- Perez C, E. (2023). *Estudio de tolerancia a sequía en 5 cultivares de papa (Solanum tuberosum L.) de la región centro del Perú, INIA-Huancayo* [UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU] <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/9989>
- Ponce, R. A. (2013). Caracterización molecular de las variedades de papas cultivadas (*Solanum spp.*) más importantes del Perú mediante el uso de microsatélites [Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. In *Medicina*.

https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/3429/Ponce_ar.pdf?sequence=1

Ramirez, D. A. (2022). Área foliar y rendimiento de dos cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo cultivo en invernadero [tesis de pregrado, Universidad Autónoma del Estado De México].

<http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/138101/TESIS%20ADRIANA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rivadeneira R., J., Jaramillo A., P., Fernandez-Northcote, E., & Cuesta S., X. (2020). Identification of potato genotypes with tolerance to water deficit. *Manglar*, 17(4), 321-329. <https://doi.org/10.17268/manglar.2020.048>

Rodríguez, L. E. (2010). Origen y evolución de la papa cultivada. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 28(1), 9–17. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652010000100002

Rubio G. A.L. (2010). *La densidad aparente en suelos forestales del parque natural los alcornocales*. ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA AGRÍCOLA. UNIVERSIDAD DE SEVILLA

<https://digital.csic.es/bitstream/10261/57951/1/La%20densidad%20aparente%20en%20suelos%20forestales%20.pdf>

Sanabria Quispe, S. (2016). Tolerancia al estrés por déficit hídrico de 39 variedades de papa nativa (*Solanum spp.*) Bajo condiciones de invernadero, para afrontar el cambio climático. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/4382>

Seo, M., & Koshiba, T. (2002). Complex regulation of ABA biosynthesis in plants. *Trends in Plant Science*, 7(1), 41–48. [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(01\)02187-2](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(01)02187-2)

Silva-Díaz, C., Ramírez, D. A., Rodríguez-Delfín, A., De Mendiburu, F., Rinza, J., Ninanya, J., Loayza, H., & Quiroz, R. (2020). Unraveling ecophysiological mechanisms in potatoes under different irrigation methods: A preliminary field evaluation. *Agronomy*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/agronomy10060827>

Silva C, P., Silva R, H., Garrido S, M., & Acevedo H, E. (2015). MANUAL DE ESTUDIO Y EJERCICIOS RELACIONADOS CON EL CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO Y

SU USO POR LOS CULTIVOS. *Universidad de Chile*.

<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/130642/Manual-de-estudio-y-ejercicios-relacionados-con-el-contenido-de-agua.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Silvera, R. W. (2018). CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE PAPAS NATIVAS (*Solanum* spp.) DE LA PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS, APURÍMAC [tesis de pregrado, Universidad Autónoma del Estado De México]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3360/silvera-rivera-walter.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Simpson, J. (2017). Marcadores moleculares. *Botanical Sciences*, 60, 73. <https://doi.org/10.17129/botsoci.1521>

Sun, S., Li, X., Gao, S., Nie, N., Zhang, H., Yang, Y., He, S., Liu, Q., & Zhai, H. (2022). A Novel WRKY Transcription Factor from *Ipomoea trifida*, ItfWRKY70, Confers Drought Tolerance in Sweet Potato. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(2). <https://doi.org/10.3390/ijms23020686>

Tamay De Dios, L., Ibarra, C., & Velasquillo, C. (2013). Fundamentos de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) y de la PCR en tiempo real. *Instituto Nacional de Rehabili- Litación (INR)*, México, 2, 70–79. https://www.academia.edu/download/52083062/pcr_medico_graphic.pdf

Tapia, M. E., & Fries, A. M. (2007). Guía de campo de los cultivos andinos. In C. Rosell (Ed.), *Fao; Anpe-Perú* (primera ed). <https://www.fao.org/3/ai185s/ai185s.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Cultura, las Ciencias y la Educación. (2020). Agua y cambio climático - Datos y Cifras. In *WWAP en nombre de ONU-Agua*. <https://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2020/>

Velasco, R. B. E. (2012). “*Estudio de la expresión del gen St aldehído abscísico oxidasa y del gen Dhn10 en dos variedades de papa (Solanum tuberosum L.) sometidas a estrés hídrico.*” Escuela Politécnica de Ejército.

Wojtyła, Ł., Paluch-Lubawa, E., Sobieszczuk-Nowicka, E., & Garnczarska, M. (2020). *Drought stress memory and subsequent drought stress tolerance in plants*. https://www.researchgate.net/profile/Joaquim-Silveira/publication/338962984_H2O2-

retrograde_signaling_as_a_pivotal_mechanism_to_understand_priming_and_cross_stress_tolerance_in_plants/links/60c741b74585157774d77af4/H2O2-retrograde-signaling-as-a-pivotal-m

ANEXO

Anexo 1.

Datos pasaporte y nivel de ploidía de las 35 accesiones de papa nativa (Solanum spp.), de la comunidad Virgen de Cocharcas de Cochabamba, San Miguel, La Mar, Ayacucho.

Laboratorio de Genética y Biotecnología Vegetal (LGBV)													
Nº de colección	Nombre vernacular	Nivel de ploidía	Fecha de colección	Procedencia de colección de las accesiones								Fuente de colección	Nro. De accesiones
				País	Región	Provincia	Distrito	Comunidad	Altitud	Latitud	Longitud		
RUB001	Carrasco	2n=4X=48	50821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3752	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	A1
RUB002	Peruanita	2n=2x=24	50821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3486	13°3'17.98"S	73°52'08.27"O	Almacén	A2
RUB004	Lenguas	2n=4X=48	50821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3752	13°3'17.98"S	73°51'20.32"O	Almacén	A4
RUB005	Duraznillo	2n=4X=48	50821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3752	13°3'17.98"S	73°51'20.32"O	Almacén	A5
RUB007	Yuraq winchina	2n=2x=24	50821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3752	13°3'17.98"S	73°51'20.32"O	Almacén	A7
RUB009	Allqa carrasco	2n=4X=48	50821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3752	13°3'17.98"S	73°51'20.32"O	Almacén	A9
RUB013	Ruyru mindez	2n=4X=48	50821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3752	13°3'17.98"S	73°51'20.32"O	Almacén	A13
RUB015	Puka sawinto 1	2n=4X=48	50821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3752	13°3'17.98"S	73°51'20.32"O	Almacén	A15
RUB016	Mariva	2n=4X=48	50821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3752	13°3'17.98"S	73°51'20.32"O	Almacén	A16
RUB018	PN2	2n=4X=48	50821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3752	13°3'17.98"S	73°51'20.32"O	Almacén	A18
RUB021	Huamampa uman	2n=2x=24	160821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3752	13°3'17.98"S	73°51'20.32"O	Trueque	A21
RUB025	Cuchi pelo	2n=4X=48	160821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	Totora	3752	13°3'17.98"S	73°51'20.32"O	Almacén	A25
RUB028	Sangre de cristo	2n=2x=24	250821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3955	13°1'28.04"S	73°50'42.50"O	Almacén	A28
RUB029	Wincuello	2n=2x=24	250821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3955	13°1'28.04"S	73°50'42.50"O	Almacén	A29
RUB031	Uru puñoichi	2n=4X=48	250821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3955	13°1'28.04"S	73°50'42.50"O	Almacén	A31
RUB032	Amarilla larga	2n=2x=24	250821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3955	13°1'28.04"S	73°50'42.50"O	Almacén	A32
RUB033	PN5	2n=4X=48	250821	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3955	13°1'28.04"S	73°50'42.50"O	Almacén	A33
RUB035	Sangre de toro	2n=4X=48	50921	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3210	13°3'02.81"S	73°52'57.63"O	Almacén	A35
RUB036	Peruanita larga	2n=4X=48	50921	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3210	13°3'02.81"S	73°52'57.63"O	Almacén	A36
RUB040	Puka carrasco	2n=2x=24	50921	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3572	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	A40
RUB041	kunkantullu	2n=4X=48	50921	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3572	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	A41
RUB042	Lengua de vaca	2n=4X=48	210921	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3572	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	A42
RUB046	Tumbay	2n=4X=48	210921	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3572	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	A46
RUB048	Taragallo	2n=2x=24	210921	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3572	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	A48
RUB049	Puka sawinto 2	2n=4X=48	210921	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3572	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	A49
RUB050	Chanchamayina	2n=4X=48	210921	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3572	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	A50
RUB054	Yana wairu	2n=2x=24	210921	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3572	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	A54
RUB055	PN8	2n=2x=24	210921	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3572	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	A55

RUB056	Corazón de cuy	2n=4X=48	210921	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3572	13°1'21.22"S	73°51'20.32"O	Almacén	A56
RUB057	Qachirva	2n=4X=48	101121	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3368	13°03'14.87"S	73°52'23.01"O	Almacén	A57
RUB058	Papa fuerte	2n=4X=48	101121	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3368	3°03'14.87"S	73°52'23.01"O	Almacén	A58
RUB060	Puca ñawi	2n=2x=24	101121	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3368	13°03'14.87"S	73°52'23.01"O	Almacén	A60
RUB061	Qori sunqu	2n=2x=24	101121	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3368	13°03'14.87"S	73°52'23.01"O	Almacén	A61
RUB063	Yungay	2n=4X=48	101121	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3368	13°03'14.87"S	73°52'23.01"O	Almacén	A63
RUB064	Canchan	2n=4X=48	101121	PER	AYAC	La Mar	San Miguel	V.C.Cochas	3368	13°03'14.87"S	73°52'23.01"O	Almacén	A64

FUENTE: Muñoz, (2022).

Anexo 2.

Datos cuantitativos de las 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides a los 15 días de la sequía parcial (SP).

Datos a los 15 días después de la sequía parcial (SP)																																	
Nombre	Accesiones (A)	Altura de planta (cm)				Número de hojas (Unidad)				Número de tallos (Unidad)				Área de frondosidad (cm ²)																			
		Sin sequía (SS)		Sequía parcial (SP)		Sin sequía (SS)		Sequía parcial (SP)		Sin sequía (SS)		Sequía parcial (SP)		Sin sequía (SS)		Sequía parcial (SP)																	
		I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio				
Yuraq winchina	A7	25	22	34	27.00	24	24	29	25.67	18	17	25	20.00	16	20	14	16.67	6	5	5	5.33	1	1	1	1.00	238	250	325	270.83	325	275	225	275.00
Lenguas	A4	27	30	28	28.33	14	13	14	13.67	23	23	23	23.00	20	22	22	21.33	5	6	6	5.67	2	2	3	2.33	350	300	300	316.67	306	288	325	306.25
PN2	A18	44	42	64	49.89	39	32	39	36.67	27	21	30	26.11	18	27	13	19.33	6	6	6	5.78	2	4	2	2.67	394	363	488	414.58	300	375	400	358.33
Mariva	A16	50	33	72	51.56	30	22	28	26.67	23	18	25	22.11	16	17	17	16.67	5	4	4	4.56	1	3	1	1.67	388	363	438	395.83	275	375	425	358.33
Ruyru mindez	A13	55	35	63	50.83	30	31	27	29.33	25	25	26	25.17	13	12	18	14.33	6	6	6	5.67	1	2	2	1.67	469	475	488	477.08	338	300	350	329.17
Puka sawinto 1	A15	45	49	37	43.44	19	34	31	28.00	22	22	25	22.89	7	8	10	8.33	7	5	5	5.89	1	1	1	1.00	538	506	581	541.67	125	250	350	241.67
Peruanita	A2	38	29	41	36.11	28	30	24	27.33	30	26	35	30.56	23	16	19	19.33	6	5	5	5.33	3	2	2	2.33	538	575	513	541.67	525	550	475	516.67
Carrasco	A1	48	27	52	42.50	28	26	5	19.67	17	16	19	17.33	9	14	2	8.33	5	4	4	4.56	1	1	1	1.00	313	275	325	304.17	225	350	200	258.33
Sangre de Cristo	A28	42	38	50	43.06	29	42	34	35.00	30	27	30	29.00	27	31	27	28.33	6	5	5	5.44	2	2	3	2.33	450	400	455	435.00	475	400	425	433.33
Wincuello	A29	35	26	39	33.33	23	24	19	22.00	21	18	24	21.00	20	21	22	21.00	6	5	5	5.33	3	3	3	3.00	438	425	475	445.83	331	375	250	318.75
Huamanpa uman	A21	65	38	79	60.67	31	35	31	32.33	31	27	38	32.11	32	12	15	19.67	6	6	5	5.56	3	1	2	2.00	413	438	450	433.33	400	250	275	308.33
Qachirva	A57	65	37	63	55.00	19	23	27	23.00	47	45	54	48.67	28	43	16	29.00	8	8	8	8.22	3	2	3	2.67	444	450	475	456.25	325	400	325	350.00
Papa fuerte	A58	39	35	45	39.78	37	22	27	28.67	23	19	25	22.22	20	27	11	19.33	6	5	5	5.33	2	3	1	2.00	519	513	525	518.75	450	400	325	391.67
Puka ñawi	A60	48	46	58	50.56	34	35	31	33.33	27	26	32	28.11	12	21	12	15.00	6	5	5	5.44	1	2	1	1.33	450	438	488	458.33	225	475	400	366.67
Qori sunqu	A61	32	30	34	31.89	16	21	14	17.00	24	23	27	24.78	20	19	18	19.00	6	5	5	5.33	3	2	2	2.33	475	488	475	479.17	400	325	225	316.67
Yungay	A63	46	32	51	43.00	19	21	17	19.00	22	22	23	22.44	20	13	13	15.33	5	5	5	4.78	2	2	3	2.33	444	438	463	447.92	450	375	275	366.67
Canchan	A64	41	33	44	39.33	17	17	14	16.00	28	31	17	25.22	15	21	8	14.67	6	5	5	5.33	1	2	3	2.00	363	338	375	358.33	375	325	350	350.00
Corazón de cuy	A56	62	47	39	49.33	28	31	35	31.33	18	21	18	19.00	13	13	13	13.00	4	5	4	4.33	2	1	2	1.67	256	194	225	225.00	100	200	213	170.83
PN8	A55	48	35	42	41.50	26	30	28	28.00	16	16	16	16.00	12	12	11	11.67	4	4	5	4.33	1	1	1	1.00	175	181	188	181.25	113	163	138	137.50
Yana wairu	A54	40	40	40	40.00	32	44	34	36.67	10	23	20	17.67	21	14	15	16.67	5	5	4	4.67	2	1	1	1.33	338	250	181	256.25	244	113	144	166.67
Chanchamayina	A50	50	50	49	49.67	25	39	19	27.67	19	19	19	19.00	7	10	8	8.33	4	4	5	4.33	3	3	1	2.33	225	225	275	241.67	206	150	206	187.50
Puka sawinto 2	A49	27	27	30	28.00	23	20	20	21.00	13	14	15	14.00	8	10	6	8.00	5	9	7	7.00	1	1	2	1.33	181	300	306	262.50	250	200	200	216.67
Tumbay	A46	54	38	46	46.00	39	42	41	40.50	18	10	14	14.00	15	14	6	11.67	4	4	4	4.00	1	1	1	1.00	231	200	250	227.08	175	200	188	187.50
Taragalto	A48	58	58	56	57.33	43	46	45	44.50	20	20	19	19.67	5	7	6	6.00	4	4	5	4.33	2	1	1	1.33	313	313	325	316.67	188	188	150	175.00
Lengua de vaca	A42	63	55	43	53.67	35	38	31	34.67	20	22	19	20.33	12	16	17	15.00	6	4	5	5.00	2	1	3	2.00	394	325	350	356.25	219	350	375	314.58
Kunkantulli	A41	75	84	80	79.50	65	75	56	65.33	26	26	26	26.00	16	16	11	14.33	4	5	5	4.67	1	2	1	1.33	413	363	388	387.50	275	138	438	283.33
Puka carrasco	A40	66	66	69	67.00	47	58	40	48.33	16	25	17	19.33	12	14	9	11.67	6	6	5	5.67	2	2	1	1.67	538	444	394	458.33	500	250	200	316.67
Allqa carrasco	A9	45	38	39	40.67	43	40	37	40.00	21	16	16	17.67	11	13	13	12.33	5	6	5	5.33	2	2	1	1.67	300	380	350	343.33	350	344	281	325.00
Uru puñoichi	A31	45	42	70	52.33	36	50	31	39.00	17	20	18	18.33	10	12	10	10.67	7	4	5	5.33	2	2	1	1.67	519	469	425	470.83	163	200	125	162.50
Amarrilla larga	A32	52	45	72	56.33	56	47	46	49.67	17	20	21	19.33	17	23	13	17.67	4	5	5	4.67	1	2	1	1.33	506	413	319	412.50	200	313	288	266.67
PN5	A33	60	62	60	60.67	60	57	63	60.00	13	18	16	15.67	15	10	17	14.00	4	5	5	4.67	1	1	2	1.33	250	356	294	300.00	250	325	306	293.75
Sangre de toro	A35	55	37	68	53.33	58	43	44	48.33	12	17	18	15.67	15	10	15	13.33	5	5	4	4.67	3	3	1	2.33	306	338	363	335.42	375	250	350	325.00
Peruanita larga	A36	60	68	51	59.67	55	69	52	58.67	23	27	20	23.33	12	12	10	11.33	5	5	6	5.33	3	4	1	2.67	288	288	294	289.58	263	213	238	237.50
Cuchi pelo	A25	54	58	68	60.00	38	48	50	45.33	16	21	21	19.33	7	8	15	10.00	4	5	4	4.33	1	4	1	2.00	356	600	325	427.08	113	188	313	204.17
Duraznillo	A5	46	54	45	48.33	32	26	19	25.67	19	25	31	25.00	9	9	9	9.00	5	6	6	5.67	1	1	2	1.33	425	388	375	395.83	275	300	275	283.33

Anexo 3.

Datos cuantitativos de las 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en el momento de cosecha en la sequía parcial (SP).

		Datos en el momento de la cosecha																																																											
Nombre	Accesiones (A)	Número de tubérculos (Unidad)												Peso de tubérculo (g/plta)												Materia seca de tubérculo (%)												Materia seca aérea de la planta (%)												Materia seca de la raíz (%)											
		Sin sequía (SS)						Sequía parcial (SP)						Sin sequía (SS)						Sequía parcial (SP)						Sin sequía (SS)						Sequía parcial (SP)						Sin sequía (SS)						Sequía parcial (SP)																	
		I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio																
Corazón de cuy	A56	10	8	8	8.67	4	7	4	5.00	28.56	34.80	22.80	28.72	28.15	16.92	29.11	24.73	30.46	21.09	45.26	32.27	62.17	38.06	29.54	43.26	27.84	18.57	42.14	29.52	77.10	51.43	33.99	54.17	39.68	39.75	45.92	41.78	76.07	47.48	77.19	66.92																				
PNS	A55	6	3	4	4.33	2	2	3	2.33	27.87	28.65	25.09	27.20	22.3	28.91	25.33	25.51	13.63	20.45	23.28	19.12	31.75	37.67	32.41	33.94	19.04	18.83	21.77	19.88	78.95	47.86	47.68	58.16	29.01	33.81	40.65	34.49	50.31	62.81	63.52	58.88																				
Yana wairu	A54	5	4	4	4.33	3	1	3	2.33	32.37	10.83	21.62	21.61	14.8	13.84	11.46	13.37	30.09	86.61	42.78	53.16	34.73	39.02	56.98	43.58	72.46	72.74	49.25	64.82	71.43	91.13	84.44	82.33	68.94	69.24	81.14	73.11	77.78	90.65	90.16	86.20																				
Chanchamayina	A50	5	6	6	5.67	4	7	3	4.67	32.76	30.76	28.86	30.79	25.12	19.5	23.55	22.72	12.94	18.92	18.23	16.70	28.14	30.62	23.06	27.27	33.89	32.40	27.72	31.34	82.24	93.02	75.21	83.49	47.24	49.71	40.65	45.87	54.45	62.32	69.23	62.00																				
Puka sawinto 2	A49	13	10	5	9.33	5	6	6	5.67	36.68	49.41	24.95	37.01	38.13	17.66	11.34	22.38	33.32	39.45	41.04	37.93	52.56	30.01	61.55	48.04	27.99	30.48	32.56	30.34	86.84	82.97	76.58	82.13	46.37	42.99	38.20	42.52	90.64	57.38	37.10	61.71																				
Tumbay	A46	8	8	9	8.33	3	12	4	6.33	31.97	30.87	27.45	30.10	20.76	25.3	22.56	22.87	11.35	15.87	15.41	14.21	34.78	52.17	36.79	41.25	60.41	67.07	66.30	64.59	77.37	78.48	79.25	78.37	44.56	80.22	69.24	64.67	86.94	80.28	80.04	82.42																				
Taragallo	A48	2	4	4	3.33	1	4	3	2.67	18.76	15.98	16.42	17.05	5.01	7.33	6.22	6.19	28.25	33.67	32.70	31.54	71.86	44.07	62.22	59.38	72.75	72.17	70.41	71.78	58.32	73.85	73.61	68.59	85.21	73.03	56.59	71.61	91.67	96.51	94.97	94.38																				
Lengua de vaca	A42	7	7	8	7.33	5	7	3	5.00	40.76	38.72	26.55	35.34	20.29	44.52	29.03	31.28	21.59	32.00	32.50	28.70	36.77	32.84	27.21	32.27	41.40	38.80	29.90	36.70	53.94	57.69	77.83	63.15	95.24	94.09	60.19	83.17	79.80	77.95	94.03	83.93																				
Kunkantulli	A41	7	8	10	8.33	3	2	1	2.00	45.41	52.64	51.22	49.76	39.64	26.37	32.37	32.79	39.75	19.36	20.15	26.42	34.79	59.16	21.81	38.59	16.27	12.39	13.58	14.08	31.33	70.62	82.26	61.40	36.33	36.27	35.97	36.19	75.72	76.65	61.95	81.17																				
Puka carrasco	A40	14	17	18	16.33	12	5	7	8.00	86.80	78.14	76.35	80.43	62.03	28.94	39.86	43.61	35.43	20.18	29.06	28.22	40.63	36.42	29.15	35.40	45.23	34.46	61.34	47.01	73.71	77.38	68.76	73.28	36.06	61.67	40.75	46.16	79.03	94.83	81.67	85.18																				
Peruanita larga	A36	9	4	5	6.00	4	9	4	5.67	55.62	25.67	30.45	37.25	25.8	28.7	23.23	25.91	30.01	41.02	43.45	38.16	32.05	43.87	41.07	39.00	47.46	41.97	35.17	41.53	70.80	64.65	74.08	69.84	75.68	38.87	52.73	55.76	77.38	86.79	88.52	84.23																				
Sangre de toro	A35	4	5	5	4.67	2	3	3	2.67	55.02	50.44	52.45	52.64	46.54	35.1	21.07	34.24	55.16	46.23	42.17	47.86	32.19	30.54	39.30	34.01	24.70	27.31	33.98	28.66	39.55	68.71	81.63	63.30	25.79	29.67	35.87	30.44	50.86	46.27	60.67	52.60																				
PNS	A33	3	2	5	3.33	2	3	4	3.00	21.02	45.56	34.45	33.68	23.68	22.64	39.97	28.76	29.78	29.39	21.25	26.81	44.34	34.36	31.82	36.84	34.09	66.06	30.87	43.67	77.58	36.49	71.26	61.78	66.88	43.24	59.26	56.46	92.46	51.84	74.63	72.98																				
Amarrilla larga	A32	6	5	5	5.33	2	5	1	2.67	18.97	20.64	21.53	20.38	13.23	21.59	13.18	16.00	28.52	25.87	23.78	26.06	43.08	32.10	43.47	39.55	18.75	19.76	20.90	19.80	33.09	35.16	32.84	33.70	33.09	35.16	32.84	33.70	41.40	87.79	37.78	55.66																				
Uru punochi	A31	4	6	5	5.00	2	1	5	2.67	17.06	30.07	25.44	24.19	23.62	25.04	23.32	23.99	33.59	27.80	21.34	27.58	34.76	25.88	27.83	29.49	45.84	36.71	61.41	47.99	79.90	75.42	84.47	79.93	74.45	72.11	77.37	74.64	96.48	84.40	83.14	88.00																				
Allqa carrasco	A9	7	6	5	6.00	7	6	3	5.33	38.97	40.52	36.24	38.58	25.45	32.38	32.64	30.16	18.96	12.54	18.57	16.69	32.77	32.21	39.92	34.97	26.77	19.83	27.33	24.64	42.75	54.36	58.17	51.76	35.41	40.71	38.71	38.27	46.17	46.28	43.75	45.40																				
Cuchi pelo	A25	5	5	5	5.00	1	4	1	2.00	12.11	17.47	13.03	14.20	11.24	13.58	13.73	12.85	55.57	38.18	43.05	45.50	50.09	44.62	50.62	48.44	47.30	47.80	36.62	43.91	78.40	38.78	46.25	54.48	29.47	23.22	28.54	27.08	31.67	35.80	36.61	34.69																				
Duraznillo	A5	9	8	10	9.00	7	14	5	8.67	30.61	29.37	23.68	27.89	28.54	25.05	21.87	25.15	34.34	35.96	36.49	35.59	33.88	35.29	37.17	35.45	46.10	46.47	32.58	41.72	77.50	64.73	60.05	67.43	37.52	34.96	39.92	37.47	85.87	34.06	51.99	57.31																				
Yuraq winchina	A7	12	15	11	12.67	12	13	8	11.00	39.08	42.76	40.25	40.70	28.77	33.68	32.44	31.63	11.90	9.59	11.28	10.92	36.25	35.18	26.29	32.58	16.50	18.26	14.84	16.53	43.86	48.03	43.09	44.99	32.30	23.67	35.04	30.34	75.32	89.85	72.77	79.31																				
Lenguas	A4	5	7	5	5.67	4	5	5	4.67	36.43	23.54	34.65	31.54	18.54	20.58	19.45	19.52	28.93	36.28	36.25	33.82	33.66	30.03	28.38	30.69	52.40	71.68	64.21	62.77	57.27	52.31	51.35	53.64	62.53	69.98	69.06	67.19	55.42	91.28	37.41	61.37																				
PNS	A18	16	18	18	17.33	10	11	9	10.00	55.56	58.82	55.23	56.54	40.54	41.69	38.44	40.22	27.97	27.92	26.53	27.47	31.65	31.66	30.59	31.30	32.01	33.68	33.62	33.10	38.45	42.26	38.14	39.62	53.24	41.74	46.56	47.18	85.44	88.07	88.73	87.41																				
Mariva	A16	35	37	40	37.33	22	25	18	21.67	110.23	111.10	98.44	106.59	88.65	92.08	91.22	90.65	18.53	19.79	21.77	20.03	19.73	20.26	17.12	19.04	60.78	65.69	49.84	58.77	72.40	82.34	80.06	78.26	35.96	32.13	34.59	34.23	79.45	90.83	73.25	81.18																				
Ruyru mindez	A13	18	20	15	17.67	15	17	14	15.33	78.33	81.91	75.33	78.52	65.55	69.61	65.76	66.97	20.12	19.62	19.30	19.68	23.68	23.42	22.64	23.25	87.52	90.46	86.72	88.23	80.52	93.53	71.71	81.92	71.21	92.54	57.59	73.78	66.83	69.01	53.85	63.23																				
Puka sawinto 1	A15	7	8	10	8.33	8	8	9	8.33	102.33	107.41	98.33	102.69	45.43	48.2	43.65	45.76	19.96	23.78	22.81	22.18	28.46	28.46	24.40	27.11	60.02	61.99	58.68	60.23	55.58	56.55	50.33	54.15	102.74	94.49	76.22	91.15	61.37	86.80	103.62	83.93																				
Peruanita	A2	25	22	22	23.00	22	23	20	21.67	97.33	110.89	76.34	94.85	78.93	80.56	74.33	77.94	20.83	19.20	24.57	21.53	21.18	24.50	24.11	23.27	33.57	36.82	37.14	35.85	63.43	65.68	54.72	61.28	64.57	78.56	44.47	62.53	61.03	62.68	83.28	69.00																				
Carrasco	A1	25	28	27	26.67	7	8	6	7.00	52.87	47.31	55.98	52.05	34.98	35.56	33.23	34.59	25.02	29.59	22.79	25.80	39.22	41.28	37.29	39.26	55.53	56.10	53.91	55.18	86.80	84.78	75.50	82.36	68.19	79.36	65.76	71.10	75.89	92.84	115.89	94.87																				
Sangre de Cristo	A28	20	22	20	20.67	15	19	14	16.00	90.44	94.11	93.22	92.59	80.45	83.98	81.76	82.06	22.74	26.39	23.02	24.05	22.83	24.78	24.12	23.91	35.15	38.68	29.77	34.54	45.55	44.01	40.89	43.48	64.44	46.70	67.30	59.48	80.29	96.59	88.91	88.60																				
Wincuello	A29	8	9	10	9.00	4	5	7	5.33	40.33	43.97	38.54	40.95	30.65	31.33	28.98	30.32	23.73	21.36	27.97	24.35	25.15	24.19	21.53	23.63	67.20	65.15	68.17	66.84	102.86	93.74	81.64	92.75	46.99	55.04	80.19	60.74	88.13	92.01	94.32	91.49																				
Huampana uman	A21	8	9	8	8.33	7	8	5	6.67	80.45	83.43	76.43	80.10	63.89	65.15	59.54	62.86	22.82	23.62	23.41	23.28	28.08	30.59	31.32	30.00	30.19	33.92	24.29	29.46	42.23	43.35	41.06	42.22	54.33	58.48	55.64	56.15	99.64	85.89	92.46	92.66																				
Qachirva	A57	17	18	20	18.33	14	15	11	13.33	102.33	107.89	78.99	96.40	85.79	88.25	87.34	87.13	24.99																																											

Anexo 4.

Datos cuantitativos de los índices de sequía en la sequía parcial (SP) de las 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides.

Nombre	Accesiones (A)	Peso de tubérculo (g/plta)												ÍNDICES DE SEQUÍA-sequía parcial																							
		Yp (sin sequía)				Ys (sequía parcial)				PM				PMG				TOL				ITS				SI				ISS				IER			
		I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio
Corazón de cuy	A56	28.56	34.80	22.80	28.72	28.15	16.92	29.11	24.73	28.36	25.86	25.96	26.72	28.35	24.27	25.76	26.13	0.41	17.88	-6.31	3.99	0.99	0.49	1.28	0.92	0.26	0.28	0.23	0.05	1.84	-1.18	0.24	98.56	48.62	127.68	91.62	
PN8	A55	27.87	28.65	25.09	27.20	22.30	28.91	25.33	25.51	25.09	28.78	25.21	26.36	24.93	28.78	25.21	26.31	5.57	-0.26	-0.24	1.69	0.80	1.01	1.01	0.94	0.26	0.28	0.23	0.76	-0.03	-0.04	0.23	80.01	100.91	100.96	93.96	
Yana wairu	A54	32.37	10.83	21.62	21.61	14.80	13.84	11.46	13.37	23.59	12.34	16.54	17.49	21.89	12.24	15.74	16.62	17.57	-3.01	10.16	8.24	0.46	1.28	0.53	0.76	0.26	0.28	0.23	2.06	-1.00	2.00	1.02	45.72	127.79	53.01	75.51	
Chanamayina	A50	32.76	30.76	28.86	30.79	25.12	19.50	23.55	22.72	28.94	25.13	26.21	26.76	28.69	24.49	26.07	26.42	7.64	11.26	5.31	8.07	0.77	0.63	0.82	0.74	0.26	0.28	0.23	0.89	1.31	0.78	0.99	76.68	63.39	81.60	73.89	
Puka sawinto 2	A49	36.68	49.41	24.95	37.01	38.13	17.66	11.34	22.38	37.41	33.54	18.15	29.70	37.40	29.54	16.82	27.92	-1.45	31.75	13.61	14.64	1.04	0.36	0.45	0.62	0.26	0.28	0.23	-0.15	2.30	2.33	1.49	103.95	35.74	45.45	61.72	
Tumbay	A46	31.97	30.87	27.45	30.10	20.76	25.30	22.56	22.87	26.37	28.09	25.01	26.49	25.76	27.95	24.89	26.20	11.21	5.57	4.89	7.22	0.65	0.82	0.82	0.76	0.26	0.28	0.23	1.33	0.65	0.76	0.91	64.94	81.96	82.19	76.36	
Taragallo	A48	18.76	15.98	16.42	17.05	5.01	7.33	6.22	6.19	11.89	11.66	11.32	11.62	9.69	10.82	10.11	10.21	13.75	8.65	10.20	10.87	0.27	0.46	0.38	0.37	0.26	0.28	0.23	2.79	1.94	2.65	2.46	26.71	45.87	37.88	36.82	
Lengua de vaca	A42	40.76	38.72	26.55	35.34	20.29	44.52	29.03	31.28	30.53	41.62	27.79	33.31	28.76	41.52	27.76	32.68	20.47	-5.80	-2.48	4.06	0.50	1.15	1.09	0.91	0.26	0.28	0.23	1.91	-0.54	-0.40	0.32	49.78	114.98	109.34	91.37	
Kunkantulli	A41	45.41	52.64	51.22	49.76	39.64	26.37	32.37	32.79	42.53	39.51	41.80	41.28	42.43	37.26	40.72	40.13	5.77	26.27	18.85	16.96	0.87	0.50	0.63	0.67	0.26	0.28	0.23	0.48	1.79	1.57	1.28	87.29	50.09	63.20	66.86	
Puka carrasco	A40	86.80	78.14	76.35	80.43	62.03	28.94	39.86	43.61	74.42	53.54	58.11	62.02	73.38	47.55	55.17	58.70	24.77	49.20	36.49	36.82	0.71	0.37	0.52	0.54	0.26	0.28	0.23	1.08	2.26	2.04	1.79	71.46	37.04	52.21	53.57	
Peruanita larga	A36	55.62	25.67	30.45	37.25	25.80	28.70	23.23	25.91	40.71	27.19	26.84	31.58	37.88	27.14	26.60	30.54	29.82	-3.03	7.22	11.34	0.46	1.12	0.76	0.78	0.26	0.28	0.23	2.04	-0.42	1.01	0.88	46.39	111.80	76.29	78.16	
Sangre de toro	A35	55.02	50.44	52.45	52.64	46.54	35.10	21.07	34.24	50.78	42.77	36.76	43.44	50.60	42.08	33.24	41.97	8.48	15.34	31.38	18.40	0.85	0.70	0.40	0.65	0.26	0.28	0.23	0.59	1.09	2.55	1.41	84.59	69.59	40.17	64.78	
PN5	A33	21.02	45.56	34.45	33.68	23.68	22.64	39.97	28.76	22.35	34.10	37.21	31.22	22.31	32.12	37.11	30.51	-2.66	22.92	-5.52	4.91	1.13	0.50	1.16	0.93	0.26	0.28	0.23	-0.48	1.80	-0.68	0.21	112.65	49.69	116.02	92.79	
Amarilla larga	A32	18.97	20.64	21.53	20.38	13.23	21.59	13.18	16.00	16.10	21.12	17.36	18.19	15.84	21.11	16.85	17.93	5.74	-0.95	8.35	4.38	0.70	1.05	0.61	0.79	0.26	0.28	0.23	1.15	-0.17	1.65	0.88	69.74	104.60	61.22	78.52	
Uru puñochi	A31	17.06	30.07	25.44	24.19	23.62	25.04	23.32	23.99	20.34	27.56	24.38	24.09	20.07	27.44	24.36	23.96	-6.56	5.03	2.12	0.20	1.38	0.83	0.92	1.04	0.26	0.28	0.23	-1.46	0.60	0.36	-0.17	138.45	83.27	91.67	104.46	
Allqa carrasco	A9	38.97	40.52	36.24	38.58	25.45	32.38	32.64	30.16	32.21	36.45	34.44	34.37	31.49	36.22	34.39	34.04	13.52	8.14	3.60	8.42	0.65	0.80	0.90	0.78	0.26	0.28	0.23	1.32	0.72	0.42	0.82	65.31	79.91	90.07	78.43	
Cuchi pelo	A25	12.11	17.47	13.03	14.20	11.24	13.58	13.73	12.85	11.68	15.53	13.38	13.53	11.67	15.40	13.38	13.48	0.87	3.89	-0.70	1.35	0.93	0.78	1.05	0.92	0.26	0.28	0.23	0.27	0.80	-0.23	0.28	92.82	77.73	105.37	91.97	
Duraznillo	A5	30.61	29.37	23.68	27.89	28.54	25.05	21.87	25.15	29.58	27.21	22.78	26.52	29.56	27.12	22.76	26.48	2.07	4.32	1.81	2.73	0.93	0.85	0.92	0.90	0.26	0.28	0.23	0.26	0.53	0.33	0.37	93.24	85.29	92.36	90.30	
Yurqa winchina	A7	39.08	42.76	40.25	40.70	28.77	33.68	32.44	31.63	33.93	38.22	36.35	36.16	33.53	37.95	36.13	35.87	10.31	9.08	7.81	9.07	0.74	0.79	0.81	0.78	0.26	0.28	0.23	1.00	0.76	0.83	0.86	73.62	78.77	80.60	77.66	
Lenguas	A4	36.43	23.54	34.65	31.54	18.54	20.58	19.45	19.52	27.49	22.06	27.05	25.53	25.99	22.01	25.96	24.65	17.89	2.96	15.20	12.02	0.51	0.87	0.56	0.65	0.26	0.28	0.23	1.87	0.45	1.87	1.40	50.89	87.43	56.13	64.82	
PN2	A18	55.56	58.82	55.23	56.54	40.54	41.69	38.44	40.22	48.05	50.26	46.84	48.38	47.46	49.52	46.08	47.69	15.02	17.13	16.79	16.31	0.73	0.71	0.70	0.71	0.26	0.28	0.23	1.03	1.04	1.30	1.12	72.97	70.88	69.60	71.15	
Mariva	A16	110.23	111.10	98.44	106.59	88.65	92.08	91.22	90.65	99.44	101.59	94.83	98.62	98.85	101.14	94.76	98.25	21.58	19.02	7.22	15.94	0.80	0.83	0.93	0.85	0.26	0.28	0.23	0.74	0.61	0.31	0.56	80.42	82.88	92.67	85.32	
Ruyru mindez	A13	78.33	81.91	75.33	78.52	65.55	69.61	65.76	66.97	71.94	75.76	70.55	72.75	71.66	75.51	70.38	72.52	12.78	12.30	9.57	11.55	0.84	0.85	0.87	0.85	0.26	0.28	0.23	0.62	0.54	0.54	0.57	83.68	84.98	87.30	85.32	
Puka sawinto 1	A15	102.33	107.41	98.33	102.69	45.43	48.20	43.65	45.76	73.88	77.81	70.99	74.23	68.18	71.95	65.51	68.55	56.90	59.21	54.68	56.93	0.44	0.45	0.44	0.45	0.26	0.28	0.23	2.11	1.98	2.37	2.15	44.40	44.87	44.39	44.55	
Peruanita	A2	97.33	110.89	76.34	94.85	78.93	80.56	74.33	77.94	88.13	95.73	75.34	86.40	87.65	94.52	75.33	85.83	18.40	30.33	2.01	16.91	0.81	0.73	0.97	0.84	0.26	0.28	0.23	0.72	0.98	0.11	0.60	81.10	72.65	97.37	83.70	
Carrasco	A1	52.87	47.31	55.98	52.05	34.98	35.56	33.23	34.59	43.93	41.44	44.61	43.32	43.00	41.02	43.13	42.38	17.89	11.75	22.75	17.46	0.66	0.75	0.59	0.67	0.26	0.28	0.23	1.29	0.89	1.73	1.30	66.16	75.16	59.36	66.90	
Sangre de Cristo	A28	90.44	94.11	93.22	92.59	80.45	83.98	81.76	82.06	85.45	89.05	87.49	87.33	85.30	88.90	87.30	87.17	9.99	10.13	11.46	10.53	0.89	0.89	0.88	0.89	0.26	0.28	0.23	0.42	0.39	0.52	0.44	88.95	89.24	87.71	88.63	
Wincuello	A29	40.33	43.97	38.54	40.95	30.65	31.33	28.98	30.32	35.49	37.65	33.76	35.63	35.16	37.12	33.42	35.23	6.68	12.64	9.56	10.63	0.76	0.71	0.75	0.74	0.26	0.28	0.23	0.91	1.03	1.06	1.00	76.00	71.25	75.19	74.15	
Huamampa uman	A21	80.45	83.43	76.43	80.10	63.89	65.15	59.54	62.86	72.17	74.29	67.99	71.48	71.69	73.73	67.46	70.96	16.56	18.28	16.89	17.24	0.79	0.78	0.78	0.78	0.26	0.28	0.23	0.78	0.79	0.94	0.84	79.42	78.09	77.90	78.47	
Qachirva	A57	102.33	107.89	78.99	96.40	85.79	88.25	87.34	87.13	94.06																											

Anexo 5.

Datos cuantitativos de las 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides a los 30 días de la sequía severa (SV).

		Datos a los 30 días después de la sequía severa (SV)																															
Nombre	Accesiones (A)	Altura de planta (cm)								Número de hojas (Unidad)								Número de tallos (Unidad)								Área de frondosidad (cm ²)							
		Sin sequía (SS)				Sequía severa (SV)				Sin sequía (SS)				Sequía severa (SV)				Sin sequía (SS)				Sequía severa (SV)				Sin sequía (SS)				Sequía severa (SV)			
		I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio
Yuraq winchina	A7	35	34	34	34.33	23	23	18	21.17	27	28	25	26.67	19	18	16	17.67	6	6	5	5.67	1	2	2	1.67	313	306	325	314.58	300	350	225	291.67
Lenguas	A4	30	32	35	32.33	22	23	23	22.67	23	23	27	24.33	15	14	13	14.00	6	6	6	6.00	2	1	1	1.33	235	260	235	243.33	213	206	225	214.58
PN2	A18	64	56	71	63.67	34	34	22	30.00	28	41	21	30.00	24	17	11	17.33	5	8	4	5.67	5	2	2	3.00	575	400	475	483.33	275	225	150	216.67
Mariva	A16	79	48	89	72.00	31	29	33	31.00	27	24	24	25.00	17	11	14	14.00	5	4	4	4.33	3	3	1	2.33	425	450	425	433.33	400	275	300	325.00
Ruyru mindez	A13	44	55	63	54.00	40	41	28	36.33	21	19	33	24.33	8	7	4	6.33	6	4	7	5.67	2	2	1	1.67	438	450	525	470.83	169	225	100	164.58
Puka sawinto 1	A15	42	36	32	36.67	33	33	38	34.67	21	30	24	25.00	7	13	6	8.67	5	6	5	5.33	2	3	1	2.00	600	700	450	583.33	50	175	225	150.00
Peruanita	A2	26	49	49	41.33	32	28	20	26.67	37	32	37	35.33	12	12	16	13.33	5	5	4	4.67	1	3	2	2.00	550	525	475	516.67	275	250	225	250.00
Carrasco	A1	54	46	57	52.33	42	36	36	38.00	18	14	26	19.33	14	22	8	14.67	5	4	4	4.33	3	3	2	2.67	350	200	425	325.00	175	175	25	125.00
Sangre de Cristo	A28	30	47	72	49.50	36	44	33	37.67	32	22	24	26.00	19	15	11	15.00	5	4	6	5.00	3	2	1	2.00	375	500	400	425.00	225	275	325	275.00
Wincuello	A29	38	36	39	37.67	28	23	18	23.00	35	21	15	23.67	16	17	19	17.33	5	5	5	5.00	2	2	2	2.00	425	475	525	475.00	156	175	200	177.08
Huamampa uman	A21	72	77	88	79.00	37	43	31	37.00	39	37	38	38.00	15	15	9	13.00	4	5	5	4.67	2	1	2	1.67	425	500	425	450.00	200	225	125	183.33
Qachirva	A57	69	58	62	63.00	28	23	15	22.00	50	41	71	54.00	23	35	13	23.67	8	8	9	8.33	5	6	8	6.33	425	475	500	466.67	250	325	125	233.33
Papa fuerte	A58	47	46	42	45.00	38	30	23	30.33	29	24	21	24.67	8	21	18	15.67	6	5	4	5.00	3	2	2	2.33	625	425	525	525.00	275	200	225	233.33
Puka nawi	A60	72	49	52	57.67	38	41	38	39.00	34	27	34	31.67	8	12	15	11.67	6	4	5	5.00	2	4	1	2.33	550	400	525	491.67	175	175	200	183.33
Qori sunqu	A61	32	35	34	33.67	17	15	19	17.00	32	32	18	27.33	18	5	7	10.00	5	6	4	5.00	3	3	1	2.33	450	525	450	475.00	200	100	100	133.33
Yungay	A63	57	58	38	51.00	18	13	18	16.33	17	25	28	23.33	10	5	9	8.00	4	5	5	4.67	2	2	3	2.33	550	425	400	458.33	125	100	150	125.00
Canchan	A64	46	40	46	44.00	12	20	12	14.67	13	20	18	17.00	10	11	6	9.00	5	5	5	5.00	1	4	1	2.00	250	425	450	375.00	150	125	100	125.00
Corazón de cuy	A56	40	49	65	51.33	41	26	45	37.17	19	18	21	19.33	10	8	7	8.33	4	5	4	4.33	3	2	2	2.33	263	200	231	231.25	94	131	63	95.83
PN8	A55	48	36	42	42.00	24	18	21	21.00	17	18	18	17.67	6	4	5	5.00	4	4	4	4.00	2	1	2	1.67	175	188	181	181.25	94	88	81	87.50
Yana wairu	A54	38	42	32	37.33	0	0	0	0.00	11	23	21	18.33	0	0	0	0.00	5	4	4	4.33	0	0	0	0.00	338	263	188	262.50	0	0	0	0.00
Chanhamayina	A50	47	50	46	47.67	25	40	36	33.67	25	25	27	25.67	9	9	11	9.67	4	5	5	4.67	2	3	2	2.33	275	275	269	272.92	75	94	63	77.08
Puka sawinto 2	A49	28	32	29	29.67	0	0	0	0.00	21	21	23	21.67	0	0	0	0.00	5	9	7	7.00	0	0	0	0.00	225	319	331	291.67	0	0	0	0.00
Tumbay	A46	60	42	51	51.00	0	0	0	0.00	23	22	23	22.67	0	0	0	0.00	4	4	4	4.00	0	0	0	0.00	250	250	225	241.67	0	0	0	0.00
Taragallo	A48	64	64	65	64.33	50	50	48	49.33	25	25	26	25.33	7	7	6	6.67	4	4	4	4.00	1	1	1	1.00	325	325	300	316.67	100	100	125	108.33
Lengua de vaca	A42	65	60	46	57.00	0	0	0	0.00	25	23	25	24.33	0	0	0	0.00	6	5	5	5.33	0	0	0	0.00	400	363	331	364.58	0	0	0	0.00
Kunkantulli	A41	77	84	80	80.33	41	51	74	55.33	31	29	30	30.00	12	14	14	13.33	4	4	4	4.00	1	2	2	1.67	419	369	394	393.75	100	150	150	133.33
Puka carrasco	A40	70	62	66	66.00	0	0	0	0.00	23	21	29	24.33	0	0	0	0.00	6	5	6	5.67	0	0	0	0.00	544	450	400	464.58	0	0	0	0.00
Allqa carrasco	A9	46	46	50	47.33	30	32	40	34.00	21	21	25	22.33	7	8	7	7.33	5	6	6	5.67	1	2	2	1.67	281	288	313	293.75	75	150	125	116.67
Uru puñoichi	A31	50	48	72	56.67	0	0	0	0.00	22	22	23	22.33	0	0	0	0.00	7	4	6	5.67	0	0	0	0.00	525	475	431	477.08	0	0	0	0.00
Amarrilla larga	A32	55	50	72	59.00	53	56	55	54.50	23	23	27	24.33	18	20	19	19.00	5	5	4	4.67	1	1	1	1.00	513	419	325	418.75	138	200	169	168.75
PN5	A33	65	58	60	61.00	33	60	43	45.33	23	21	21	21.67	8	9	8	8.33	4	5	6	5.00	1	3	3	2.33	238	363	300	300.00	150	100	138	129.17
Sangre de toro	A35	62	46	70	59.33	51	47	53	50.33	20	21	27	22.67	10	10	10	10.00	5	5	4	4.67	2	1	2	1.67	313	338	369	339.58	163	188	150	166.67
Peruanita larga	A36	64	70	56	63.33	46	46	46	46.00	27	27	21	25.00	6	6	7	6.33	5	5	5	5.00	1	2	2	1.67	294	288	300	293.75	175	150	125	150.00
Cuchi pelo	A25	66	60	72	66.00	34	42	77	51.00	25	27	25	25.67	8	5	3	5.33	4	5	4	4.33	1	1	1	1.00	363	606	200	389.58	75	63	50	62.50
Duraznillo	A5	52	60	50	54.00	44	30	29	34.33	31	20	27	26.00	10	5	7	7.33	5	4	4	4.33	2	1	3	2.00	431	394	381	402.08	119	138	150	135.42

Anexo 6.

Datos cuantitativos de las 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en el momento de cosecha en la sequía severa (SV).

		Datos en el momento de la cosecha																																							
Nombre	Accesiones (A)	Número de tubérculos (Unidad)						Peso de tubérculo (g/plta)						Materia seca de tubérculo (%)						Materia seca aérea de la planta (%)						Materia seca de la raíz (%)															
		Sin sequía (SS)			Sequía severa (SV)			Sin sequía (SS)			Sequía severa (SV)			Sin sequía (SS)			Sequía severa (SV)			Sin sequía (SS)			Sequía severa (SV)			Sin sequía (SS)			Sequía severa (SV)												
		I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio								
Corazón de cuy	A56	10	8	8	8.67	9	9	6	8.00	28.56	34.80	22.80	28.72	26.29	27.36	20.67	24.77	30.46	21.09	45.26	32.27	48.27	38.38	32.56	39.74	27.84	18.57	42.14	29.52	21.55	26.18	20.31	22.68	39.68	39.75	45.92	41.78	34.82	55.54	59.51	49.96
PN8	A55	6	3	4	4.33	3	2	3	2.67	27.87	28.65	25.09	27.20	22.5	7.24	17.34	15.69	13.63	20.45	23.28	19.12	17.64	93.51	27.45	46.20	19.04	18.83	21.77	19.88	45.58	100.00	62.91	69.49	29.01	33.81	40.65	34.49	62.34	88.94	91.34	80.87
Yana wairu	A54	5	4	4	4.33	3	1	3	2.33	32.37	10.83	21.62	21.61	10.88	11.87	12.46	11.74	30.09	86.61	42.78	53.16	49.82	43.30	40.37	44.50	72.46	72.74	49.25	64.82	91.08	81.72	87.60	86.80	68.94	69.24	81.14	73.11	95.78	100.28	94.57	96.87
Chancharayina	A50	5	6	6	5.67	3	3	7	4.33	32.76	30.76	28.86	30.79	15.64	11.09	14.52	13.75	12.94	18.92	18.23	16.70	35.49	100.00	45.18	60.22	33.89	32.40	27.72	31.34	90.34	81.17	43.59	71.70	47.24	49.71	40.65	45.87	65.05	47.83	46.13	53.00
Puka sawinto 2	A49	13	10	5	9.33	9	6	3	6.00	36.68	49.41	24.95	37.01	17.17	33.47	20.23	23.62	33.32	39.45	41.04	37.93	74.78	24.38	42.31	47.16	27.99	30.48	32.56	30.34	76.17	75.05	76.67	75.97	46.37	42.99	38.20	42.52	89.38	89.74	79.44	86.19
Tumbay	A46	8	8	9	8.33	6	7	7	6.67	31.97	30.87	27.45	30.10	21.12	25.57	20.93	22.54	11.35	15.87	15.41	14.21	41.62	27.61	39.37	36.20	60.41	67.07	66.30	64.59	75.65	77.13	76.37	76.38	44.56	80.22	69.24	64.67	81.64	51.66	93.53	75.61
Taragallo	A48	2	4	4	3.33	1	3	3	2.33	18.76	15.98	16.42	17.05	14.86	14.01	9.23	12.70	28.25	33.67	32.70	31.54	39.03	41.90	57.85	46.26	72.75	72.17	70.41	71.78	71.77	64.39	60.96	65.71	85.21	73.03	56.59	71.61	89.23	93.77	100.75	94.58
Lengua de vaca	A42	7	7	8	7.33	4	3	6	4.33	40.76	38.72	26.55	35.34	22.96	27.26	33.74	27.99	21.59	32.00	32.50	28.70	48.43	51.47	24.36	41.42	41.40	38.80	29.90	36.70	68.35	81.37	71.55	73.76	95.24	94.09	60.19	83.17	85.40	81.68	81.98	83.02
Kunkantulli	A41	7	8	10	8.33	6	8	7	7.00	45.41	52.64	51.22	49.76	39.65	27.26	20.5	29.14	39.75	19.36	20.15	26.42	26.08	24.28	61.07	37.15	16.27	12.39	13.58	14.08	34.48	48.89	60.54	47.97	36.33	36.27	35.97	36.19	55.85	52.05	62.50	56.80
Puka carrasco	A40	14	17	18	16.33	8	7	5	6.67	86.80	78.14	76.35	80.43	26.17	24.1	15.99	22.09	35.43	20.18	29.06	28.22	42.53	39.05	47.40	42.99	45.23	34.46	61.34	47.01	62.97	77.87	71.00	70.61	36.06	61.67	40.75	46.16	84.80	96.35	92.71	91.29
Peruanita larga	A36	9	4	5	6.00	4	8	2	4.67	55.62	25.67	30.45	37.25	18.53	11.48	11.17	13.73	30.01	41.02	43.45	38.16	34.75	44.08	48.34	42.39	47.46	41.97	35.17	41.53	48.01	35.38	82.77	55.39	75.68	38.87	52.73	55.76	56.04	92.06	86.29	78.13
Sangre de toro	A35	4	5	5	4.33	3	5	5	4.33	55.02	50.44	52.45	52.64	25.38	21.76	27.05	24.73	55.16	46.23	42.17	47.86	32.62	36.21	28.02	32.29	24.70	27.31	33.98	28.66	28.92	48.77	77.94	51.88	25.79	29.67	35.87	30.44	36.21	91.65	38.31	55.39
PN5	A33	3	2	5	3.33	2	4	2	2.67	21.02	45.56	34.45	33.68	25.95	20.49	19.43	21.96	29.78	29.39	21.25	26.81	31.95	36.16	30.83	32.98	34.09	66.06	30.87	43.67	63.66	56.94	64.21	61.61	66.88	43.24	59.26	56.46	86.00	78.17	42.42	68.86
Amarilla larga	A32	6	5	5	5.33	7	3	2	4.00	18.97	20.64	21.53	20.38	17.46	17.5	8.53	14.50	28.52	25.87	23.78	26.06	49.31	40.17	50.88	46.79	18.75	19.76	20.90	19.80	42.00	79.61	71.24	64.28	33.09	35.16	32.84	33.70	33.06	72.16	86.07	63.76
Uru punoichi	A31	4	6	5	5.00	2	4	3	3.00	17.06	30.07	25.44	24.19	7.88	15.76	10.85	11.50	33.59	27.80	21.34	27.58	56.73	38.07	45.35	46.71	45.84	36.71	61.41	47.99	80.94	82.90	80.38	81.41	74.45	72.11	77.37	74.64	75.09	97.35	87.22	86.55
Allqa carrasco	A9	7	6	5	6.00	3	1	4	2.67	38.97	40.52	36.24	38.58	27	10.73	17.56	18.43	18.96	12.54	18.57	16.69	33.63	47.34	37.02	39.33	26.77	19.83	27.33	24.64	43.20	65.36	82.64	63.73	35.41	40.71	38.71	38.27	41.98	55.62	59.70	52.43
Cuchi pelo	A25	5	5	5	5.00	2	2	1	1.67	12.11	17.47	13.03	14.20	11.42	10.07	7.1	9.53	55.57	38.18	43.05	45.60	45.88	54.82	55.92	52.21	47.30	47.80	36.62	43.91	40.58	65.23	37.68	47.83	29.47	23.22	28.54	27.08	41.01	45.16	53.59	46.59
Duraznillo	A5	9	8	10	9.00	5	6	4	5.00	30.61	29.37	23.68	27.89	15.78	19.64	19.45	18.29	34.34	35.96	36.49	35.59	38.78	32.84	25.55	32.39	46.10	46.47	32.58	41.72	42.33	42.43	97.08	60.61	37.52	34.96	39.92	37.47	40.62	35.48	82.76	52.95
Yuraq winchina	A7	12	15	11	12.67	7	8	8	7.67	39.08	42.76	40.25	40.70	9.46	10.07	8.98	9.50	11.90	9.59	11.28	10.92	52.11	48.86	53.67	51.55	16.50	18.26	14.84	16.53	44.94	45.40	48.56	46.30	32.30	23.67	35.04	30.34	83.15	80.54	78.54	80.75
Lenguas	A4	5	7	5	5.67	2	3	3	2.67	36.43	23.54	34.65	31.54	6.01	6.23	5.98	6.07	28.93	36.28	36.25	33.82	62.56	48.80	62.88	58.08	52.40	71.68	64.21	62.77	97.79	95.25	96.58	96.54	62.53	69.98	69.06	67.19	93.53	85.33	72.78	83.88
PN2	A18	16	18	18	17.33	15	17	14	15.33	55.56	58.82	55.23	56.54	20.54	24.41	21.98	22.31	27.97	27.92	26.53	27.47	38.41	33.27	38.81	36.83	32.01	33.68	33.62	33.10	68.84	72.93	72.72	71.50	53.24	41.74	46.56	47.18	93.20	86.60	83.93	87.91
Mariva	A16	35	37	40	37.33	23	42	32	32.33	110.23	111.10	98.44	106.59	60.56	64.28	62.78	62.54	18.53	19.79	21.77	20.03	17.40	20.16	16.96	18.18	60.78	65.69	49.84	58.77	93.84	91.55	81.47	88.95	35.96	32.13	34.59	34.23	79.52	86.89	90.89	85.77
Ruyru mindez	A13	18	20	15	17.67	11	10	10	10.33	78.33	81.91	75.33	78.52	35.78	37.65	32.87	35.43	20.12	19.62	19.30	19.68	32.56	26.69	28.99	29.42	87.52	90.46	86.72	88.23	76.21	91.10	88.87	85.39	71.21	92.54	57.59	73.78	74.83	93.60	60.13	76.18
Puka sawinto 1	A15	7	8	10	8.33	7	8	6	7.00	102.33	107.41	98.33	102.69	35.67	38.91	36.76	37.11	19.96	23.78	22.81	22.18	29.80	29.38	26.55	28.58	60.02	61.99	58.68	60.23	63.09	63.72	61.57	62.79	102.74	94.49	76.22	91.15	77.54	97.12	66.87	80.51
Peruanita	A2	25	22	22	23.00	8	9	7	8.00	97.33	110.89	76.34	94.85	20.34	23.13	21.46	21.64	20.83	19.20	24.57	21.53	32.79	34.46	34.25	33.83	33.57	36.82	37.14	35.85	58.84	56.87	63.45	59.72	64.57	78.56	44.47	62.53	103.87	87.66	72.58	88.03
Carrasco	A1	25	28	27	26.67	22	23	19	21.33	52.87	47.31	55.98	52.05	50.56	52.53	48.98	50.69	25.02	29.59	22.79	25.80	11.61	11.38	13.13	12.04	55.53	56.10	53.91	55.18	85.05	81.09	86.54	84.23	68.19	79.36	65.76	71.10	105.39	93.65	95.58	98.21
Sangre de Cristo	A28	20	22	20	20.67	8	9	7	8.00	90.44	94.11	93.22	92.59	35.28	37.8	32.78	35.29	22.74	26.39	23.02	24.05	27.32	28.25	30.54	28.71	35.15	38.68	29.77	34.54	76.14	74.41	84.27	78.27	64.44	46.70	67.30	59.48	78.68	95.53	91.96	88.72
Wineuello	A29	8	9	10	9.00	7	8	7	7.33	40.33	43.97	38.54	40.95	15.39	16.73	14.2	15.44	23.73	21.36	27.97	24.35	41.78	37.48	39.01	39.42	67.20	65.15	68.17	66.84	77.54	95.36	71.16	81.35	46.99	55.04	80.19	60.74	84.76	91.55	79.05	85.12
Huamapa uman	A21	8	9	8	8.33	7	5	5	5.67	80.45	83.43	76.43	80.10	35.76	39.52	36.65	37.31	22.82	23.62	23.41	23.28	35.68	34.19	31.79																	

Anexo 7.

Datos cuantitativos de los índices de sequía en la sequía severa (SV) de las 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides.

Nombre	Accesiones (A)	Peso de tubérculo (g/plta)												ÍNDICES-sequía severa																						
		Yp (sin sequía)			Ys (severa)			PM			PMG			TOL			ITS			ISS			IER													
		I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio	I	II	III								
Corazón de cuy	A56	28.56	34.80	22.80	28.72	26.29	27.36	20.67	24.77	27.43	31.08	21.74	26.66	2.27	7.44	2.13	3.95	0.92	0.79	0.91	0.87	0.51	0.52	0.50	0.16	0.41	0.19	0.25	92.05	78.62	90.66	87.11				
PNS	A55	27.87	28.65	25.09	27.20	22.50	7.24	17.34	15.69	25.19	17.95	21.22	21.45	25.04	14.40	20.86	20.10	5.37	21.41	7.75	11.51	0.81	0.25	0.69	0.58	0.51	0.52	0.50	0.38	1.44	0.61	0.81	80.73	25.27	69.11	58.37
Yana wairu	A54	32.37	10.83	21.62	21.61	10.88	11.87	12.46	11.74	21.63	11.35	17.04	16.67	18.77	11.34	16.41	15.51	21.49	-1.04	9.16	9.87	0.34	1.10	0.58	0.67	0.51	0.52	0.50	1.30	-0.18	0.84	0.65	33.61	109.60	57.63	66.95
Chancharayina	A50	32.76	30.76	28.86	30.79	15.64	11.09	14.52	13.75	24.20	20.93	21.69	22.27	22.64	18.47	20.47	20.53	17.12	19.67	14.34	17.04	0.48	0.36	0.50	0.45	0.51	0.52	0.50	1.02	1.23	0.98	1.08	47.74	36.05	50.31	44.70
Puka sawinto 2	A49	36.68	49.41	24.95	37.01	17.17	33.47	20.23	23.62	26.93	41.44	22.59	30.32	25.10	40.67	22.47	29.41	19.51	15.94	4.72	13.39	0.47	0.68	0.81	0.65	0.51	0.52	0.50	1.04	0.62	0.37	0.68	46.81	67.74	81.08	65.21
Tumbay	A46	31.97	30.87	27.45	30.10	21.12	25.57	20.93	22.54	26.55	28.22	24.19	26.32	25.98	28.10	23.97	26.02	10.85	5.30	6.52	7.56	0.66	0.83	0.76	0.75	0.51	0.52	0.50	0.67	0.33	0.47	0.49	66.06	82.83	76.25	75.05
Taragallo	A48	18.76	15.98	16.42	17.05	14.86	14.01	9.23	12.70	16.81	15.00	12.83	14.88	16.70	14.96	12.31	14.66	3.90	1.97	7.19	4.35	0.79	0.88	0.56	0.74	0.51	0.52	0.50	0.41	0.24	0.87	0.50	79.21	87.67	56.21	74.37
Lengua de vaca	A42	40.76	38.72	26.55	35.34	22.96	27.26	33.74	27.99	31.86	32.99	30.15	31.67	30.59	32.49	29.93	31.00	17.80	11.46	-7.19	7.36	0.56	0.70	1.27	0.85	0.51	0.52	0.50	0.86	0.57	-0.54	0.30	56.33	70.40	127.08	84.60
Kunkantulli	A41	45.41	52.64	51.22	49.76	39.65	27.26	20.50	29.14	42.53	39.95	35.86	39.45	42.43	37.88	32.40	37.57	5.76	25.38	30.72	20.62	0.87	0.52	0.40	0.60	0.51	0.52	0.50	0.25	0.93	1.19	0.79	87.32	51.79	40.02	59.71
Puka carrasco	A40	86.80	78.14	76.35	80.43	26.17	24.10	15.99	22.09	56.49	51.12	46.17	51.26	47.66	43.40	34.94	42.00	60.63	54.04	60.36	58.34	0.30	0.31	0.21	0.27	0.51	0.52	0.50	1.37	1.33	1.57	1.42	30.15	30.84	20.94	27.31
Peruanita larga	A36	55.62	25.67	30.45	37.25	18.53	11.48	11.17	13.73	37.08	18.58	20.81	25.49	32.10	17.17	18.44	22.57	37.09	14.19	19.28	23.52	0.33	0.45	0.37	0.38	0.51	0.52	0.50	1.31	1.06	1.25	1.21	33.32	44.72	36.68	38.24
Sangre de toro	A35	55.02	50.44	52.45	52.64	25.38	21.76	27.05	24.73	40.20	36.10	39.75	38.68	37.37	33.13	37.67	36.05	29.64	28.68	25.40	27.91	0.46	0.43	0.52	0.47	0.51	0.52	0.50	1.06	1.09	0.96	1.04	46.13	43.14	51.57	46.95
PNS	A33	21.02	45.56	34.45	33.68	25.95	20.49	19.43	21.96	23.49	33.03	26.94	27.82	23.36	30.55	25.87	26.59	-4.93	25.07	15.02	11.72	1.23	0.45	0.56	0.75	0.51	0.52	0.50	-0.46	1.06	0.86	0.49	123.45	44.97	56.40	74.94
Amarrilla larga	A32	18.97	20.64	21.53	20.38	17.46	17.50	8.53	14.50	18.22	19.07	15.03	17.44	18.20	19.01	13.55	16.92	1.51	3.14	13.00	5.88	0.92	0.85	0.40	0.72	0.51	0.52	0.50	0.16	0.29	1.20	0.55	92.04	84.79	39.62	72.15
Uru puñochi	A31	17.06	30.07	25.44	24.19	7.88	15.76	10.85	11.50	12.47	22.92	18.15	17.84	11.59	21.77	16.61	16.66	9.18	14.31	14.59	12.69	0.46	0.52	0.43	0.47	0.51	0.52	0.50	1.05	0.92	1.14	1.04	46.19	52.41	42.65	47.08
Allqa carrasco	A9	38.97	40.52	36.24	38.58	27.00	10.73	17.56	18.43	32.99	25.63	26.90	28.50	32.44	20.85	25.23	26.17	11.97	29.79	18.68	20.15	0.69	0.26	0.48	0.48	0.51	0.52	0.50	0.60	1.42	1.02	1.01	69.28	26.48	48.45	48.07
Cuchi pelo	A25	12.11	17.47	13.03	14.20	11.42	10.07	7.10	9.53	11.77	13.77	10.07	11.87	11.76	13.26	9.62	11.55	0.69	7.40	5.93	4.67	0.94	0.58	0.54	0.69	0.51	0.52	0.50	0.11	0.82	0.90	0.61	94.30	57.64	54.49	68.81
Duraznillo	A5	30.61	29.37	23.68	27.89	15.78	19.64	19.45	18.29	23.20	24.51	21.57	23.09	21.98	24.02	21.46	22.49	14.83	9.73	4.23	9.60	0.52	0.67	0.82	0.67	0.51	0.52	0.50	0.95	0.64	0.35	0.65	51.55	66.87	82.14	66.85
Yuraq winchina	A7	39.08	42.76	40.25	40.70	9.46	10.07	8.98	9.50	24.27	26.42	24.62	25.10	19.23	20.75	19.01	19.66	29.62	32.69	31.27	31.19	0.24	0.24	0.22	0.23	0.51	0.52	0.50	1.49	1.47	1.54	1.50	24.21	23.55	22.31	23.36
Lenguas	A4	36.43	23.54	34.65	31.54	6.01	6.23	5.98	6.07	21.22	14.89	20.32	18.81	14.80	12.11	14.39	13.77	30.42	17.31	28.67	25.47	0.16	0.26	0.17	0.20	0.51	0.52	0.50	1.64	1.42	1.64	1.56	16.50	26.47	17.26	20.07
PN2	A18	55.56	58.82	55.23	56.54	20.54	24.41	21.98	22.31	38.05	41.62	38.61	39.42	33.78	37.89	34.84	35.51	35.02	34.41	33.25	34.23	0.37	0.41	0.40	0.39	0.51	0.52	0.50	1.24	1.13	1.19	1.18	36.97	41.50	39.80	39.42
Mariva	A16	110.23	111.10	98.44	106.59	60.56	64.28	62.78	62.54	85.40	87.69	80.61	84.57	81.70	84.51	78.61	81.61	49.67	46.82	35.66	44.05	0.55	0.58	0.64	0.59	0.51	0.52	0.50	0.88	0.81	0.72	0.80	54.94	57.86	63.77	58.86
Ruyru mindez	A13	78.33	81.91	75.33	78.52	35.78	37.65	32.87	35.43	57.06	59.78	54.10	56.98	52.94	55.53	49.76	52.74	42.55	44.26	42.46	43.09	0.46	0.46	0.44	0.45	0.51	0.52	0.50	1.06	1.04	1.12	1.07	45.68	45.97	43.63	45.09
Puka sawinto 1	A15	102.33	107.41	98.33	102.69	35.67	38.91	36.76	37.11	69.00	73.16	67.55	69.90	60.42	64.65	60.12	61.73	66.66	68.50	61.57	65.58	0.35	0.36	0.37	0.36	0.51	0.52	0.50	1.28	1.23	1.24	1.25	34.86	36.23	37.38	36.16
Peruanita	A2	97.33	110.89	76.34	94.85	20.34	23.13	21.46	21.64	58.84	67.01	48.90	58.25	44.49	50.64	40.48	45.20	76.99	87.76	54.88	73.21	0.21	0.21	0.28	0.23	0.51	0.52	0.50	1.55	1.52	1.42	1.50	20.90	20.86	28.11	23.29
Carrasco	A1	52.87	47.31	55.98	52.05	50.56	52.53	48.98	50.69	51.72	49.92	52.48	51.37	51.70	49.85	52.36	51.31	2.31	-5.22	7.00	1.36	0.96	1.11	0.87	0.98	0.51	0.52	0.50	0.09	-0.21	1.25	0.04	95.63	111.03	87.50	98.05
Sangre de Cristo	A28	90.44	94.11	93.22	92.59	35.28	37.80	32.78	35.29	62.86	65.96	63.00	63.94	56.49	59.64	55.28	57.14	55.16	56.31	60.44	57.30	0.39	0.40	0.35	0.38	0.51	0.52	0.50	1.20	1.15	1.28	1.21	39.01	40.17	35.16	38.11
Wincuello	A29	40.33	43.97	38.54	40.95	15.39	16.73	14.20	15.44	27.86	30.35	26.37	28.19	24.91	27.12	23.39	25.14	24.94	27.24	24.34	25.51	0.38	0.38	0.37	0.38	0.51	0.52	0.50	1.21	1.19	1.25	1.22	38.16	38.05	36.84	37.68
Huamapa uman	A21	80.45	83.43	76.43	80.10	35.76	39.52	36.65	37.31	58.11	61.48	56.54	58.71	53.64	57.42	52.93	54.66	44.69	43.91	39.78	42.79	0.44	0.47	0.48	0.47	0.51	0.52	0.50	1.09	1.01	1.03	1.04	44.45	47.37	47.95	46.59
Qachirva	A57	102.33	107.89	78.99	96.40	45.43	47.27	42.67	45.12	73.88	77.58	60.83	70.76	68.18	71.41	58.06	65.88	56.90	60.62	36.32	51.28	0.44	0.44	0.54	0.47	0.51	0.52	0.50	1.09	1.08	0.91	1.03	44.40	43.81	54.02	47.41
Papa fuerte	A58	80.23	85.57	79.55	81.78	58.54	60.43	57.98	58.98	69.39	73.00	68.77	70.38	68.53	71.91	67.91	69.45	21.69	25.14	21.57																

Anexo 8.

Catálogo fotográfico del desarrollo de las 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides en el invernadero.



Nota: A: Preparación y esterilización de sustrato, B: Selección de semilla, C: Desarrollo, D: Aporque, E: Floración, F: Toma de datos, G: Cosecha, H: Estado final en los 3 niveles de sequía.

Anexo 9.

Catálogo fotográfico del desarrollo en el Laboratorio de Genética y Biotecnología Vegetal (LGBV)-UNSCH.



Nota: A: Extracción de ADN, B: Pellet de ADN, C: Prueba de calidad y cantidad de ADN, D: Preparación del Mater mix, E: Diseño de perfil térmico, F: Cámara de electroforesis, G: Resultado de PCR punto final, H: Resultado de PCR tiempo real.

Anexo 10.

Análisis del sustrato empleado para la conducción del cultivo en el invernadero.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN EN PASTOS Y GANADERIA
LABORATORIO DE SUELOS Y ANÁLISIS FOLIAR
 JR. Abraham Valdelomar N° 249 – Telf. 315936 966942996
 Ayacucho – Perú

“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

Región : Ayacucho
 Provincia : Huamanga
 Distrito : Ayacucho
 Localidad : Invernadero (Pampa del Arco)-LGBV
 Proyecto : “Cultivo de papa”
 Solicitante : Sr. Luis Enmanuel Salvatierra Bañico

HR: 008

ANÁLISIS DE FERTILIDAD

Muestra	Análisis mecánico (%)			Clase textural	pH(H ₂ O) 1:2:5	C. E. (dS/m.) 1:1	CaCO ₃ (%)	M.O. Total (%)	Nt (%)	Elementos Disp. (ppm)	
	Arena	Limo	Arcilla							P	k
01	63.3	16.0	20.7	Fr-Ar-Ao	6.01	0.90	0.40	12.05	0.50	65.80	5.48

Ayacucho, 15 de febrero del 2024

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS,
 PLANTA, AGUAS Y FERTILIZANTES
 RESPONSABLE

 Juan B. Giron Molina
 C.I.P. 77120

Ao: Arenoso; AoFr: Arena franca; FrAo: Franco arenosos; Fr: Franco; FrL: Franco limoso; L: Limoso; FrArAo: Franco arcillo arenoso; FrAr: Franco arcilloso; FrAr: Franco arcillosos; FrArL: Franco arcillo limoso; ArAo: Arcillo arenoso; ArL: Arcillo limoso; Ar: Arcilloso



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. LUIS ENMANUEL SALVATIERRA BAÑICO

R.D. N° 129-2025-UNSCH-FCA-D

En la ciudad de Ayacucho a un día del mes de julio del año dos mil veinticinco, siendo las dieciocho horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del Dr. Felipe Escobar Ramírez Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias; los miembros del jurado conformado por la M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo, Ph.D. Germán Fernando De La Cruz Lapa como asesor, Dr. José Antonio Quispe Tenorio y el Ing. Edgar Tenorio Mancilla; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulado: **Respuesta a sequía de papas nativas tetraploides y diploides (*Solanum* spp.) en invernadero y estandarización de PCR gen St aldehído abscísico oxidasa**, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo, presentado por el Bachiller **LUIS ENMANUEL SALVATIERRA BAÑICO**.

El señor Decano previa verificación de los documentos exigidos solicitó se proceda con la sustentación y posterior defensa de la tesis en un periodo de cuarenta y cinco minutos de acuerdo al reglamento de grados y títulos vigente. Terminado la exposición, los miembros del Jurado, formularon sus preguntas, aclaraciones y/o observaciones correspondientes. Luego se invito a los miembros del jurado pasar a otra aula para la deliberación y calificación del trabajo de tesis, teniendo el siguiente resultado:

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo	16	16	17	16
Ph.D. Germán Fernando De La Cruz Lapa	18	18	19	18
Dr. José Antonio Quispe Tenorio	16	16	16	16
Ing. Edgar Tenorio Mancilla	14	14	14	14
PROMEDIO GENERAL				16

OBSERVACIÓN: Por acuerdo unánime de los miembros del jurado, el nuevo título del trabajo de investigación debe ser: **Respuesta al estrés hídrico de papas nativas tetraploides y diploides (*Solanum* spp.) en invernadero y estandarización de PCR gen St aldehído abscísico oxidasa**

Acto seguido se invita al sustentante y publico en general para dar a conocer el resultado final. Firman el acta.


.....
M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo
Presidente


.....
Ph.D. Germán Fernando De La Cruz Lapa
Asesor


.....
Dr. José Antonio Quispe Tenorio
Jurado


.....
Ing. Edgar Tenorio Mancilla
Jurado


.....
Mtro. Rodolfo Alca Mendoza
Secretario Docente



UNSCH

FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe coordinador responsable de la valoración y verificación de originalidad de los trabajos de investigación y de tesis de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, designado mediante la RCF N° 005-2024-UNSCH-FCA-CF; hace constar que el trabajo de tesis titulado;

Respuesta al estrés hídrico de papas nativas tetraploides y diploides (*Solanum spp.*) en invernadero y estandarización de PCR gen *St aldehído abscísico oxidasa*

Autor : Luis Enmanuel Salvatierra Bañico

Asesor : Germán F. De La Cruz Lapa

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de investigación, aprobado mediante RCU N° 039-2021-UNSCH-CU, y RCU N° 1530-2023-UNSCH-CU, emitiendo un resultado de **doce (12 %)** de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajos estándar**.

En consecuencia, se otorga la presente Constancia de Originalidad para los fines pertinentes.

Nota: Se adjunta el resultado con Identificador de la entrega: 2715424415

Ayacucho, 15 de julio de 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ciencias Agrarias
Dr. Yuri Gálvez Castelú
Coordinador de Control de originalidad de
Trabajos de Investigación e Inicia - FCA

Respuesta al estrés hídrico de papas nativas tetraploides y diploides (*Solanum* spp.) en invernadero y estandarización de PCR gen St aldehído abscísico oxidasa

por Luis Enmanuel Salvatierra Bañico

Fecha de entrega: 15-jul-2025 10:16a. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2715424415

Nombre del archivo: Informe_Tesis_borrador1_2024.docx (15.84M)

Total de palabras: 26567

Total de caracteres: 137982

Respuesta al estrés hídrico de papas nativas tetraploides y diploides (*Solanum* spp.) en invernadero y estandarización de PCR gen St aldehído abscísico oxidasa

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%

INDICE DE SIMILITUD

11%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	3%
2	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Francisco de Paula Santander Trabajo del estudiante	2%
4	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	www.fontagro.org Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	<1%
7	documents.mx Fuente de Internet	<1%

8

Fuente de Internet

<1 %

9

hdl.handle.net

Fuente de Internet

<1 %

10

repositorio.usfq.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

11

www.inifap.gob.mx

Fuente de Internet

<1 %

12

renati.sunedu.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

13

eprints.uanl.mx

Fuente de Internet

<1 %

14

Submitted to Universidad San Francisco de Quito

Trabajo del estudiante

<1 %

15

Evangelina Esmeralda Quiñones-Aguilar, Gabriel Rincón-Enríquez, Luis López-Pérez. "Hongos micorrízicos nativos como promotores de crecimiento en plantas de guayaba (*Psidium guajava* L.)", REVISTA TERRA LATINOAMERICANA, 2020

Publicación

<1 %

16

Mehmet Sincik, Z. Metin Turan, A. Tanju Göksoy. "Responses of Potato (*Solanum tuberosum* L.) to Green Manure Cover Crops

<1 %

and Nitrogen Fertilization Rates", American Journal of Potato Research, 2008

Publicación

17

repositorio.unc.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

18

ediciones.inca.edu.cu

Fuente de Internet

<1 %

19

R. Guiling, K. Li, G. Zhou, Z. Xianxian, X. Tan, L. Fang, J. Jian, M. Zhu, S. Zhou. "ANALYSIS OF THE VARIATION OF 18S-5.8S-28S RDNA LOCI IN ASIATIC, ORIENTAL AND LONGIFLORUM LILIES (LILIUM) USING FLUORESCENCE IN SITU HYBRIDIZATION", Acta Horticulturae, 2012

Publicación

<1 %

20

Submitted to Universidad Cientifica del Sur

Trabajo del estudiante

<1 %

21

Altamirano, Alvaro Ricardo Monteros. "Potato Landraces: Description and Dynamics in Three Areas of Ecuador.", Wageningen University and Research, 2021

Publicación

<1 %

22

www.scielo.org.mx

Fuente de Internet

<1 %

23

repositorio.uaaan.mx

Fuente de Internet

<1 %

24

Heide Spiegel. "Nutritionally relevant elements in staple foods: influence of arable site versus choice of variety", *Environmental Geochemistry and Health*, 03/12/2009

Publicación

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 30 words

Excluir bibliografía

Activo

RESPUESTA AL ESTRÉS HÍDRICO DE PAPAS NATIVAS TETRAPLOIDES Y DIPLOIDES (*Solanum spp.*) EN INVERNADERO Y ESTANDARIZACIÓN DE PCR GEN *St-AAO*

Bach. Luis Enmanuel Salvatierra Bañico

Luis.salvatierra.01@unsch.edu.pe

Ph.D. Germán Fernando De La Cruz Lapa

german.delacruz@unsch.edu.pe

Área: Biotecnología

Línea de investigación: Biotecnología de recursos genéticos

RESUMEN

La papa constituye un pilar estratégico de la seguridad alimentaria mundial; no obstante, su productividad se ve crecientemente amenazada por las sequías intensificadas por el cambio climático. En este estudio se caracterizó la respuesta al estrés hídrico de 35 accesiones de papas nativas: 23 tetraploides (4x) y 12 diploides (2x), bajo condiciones de invernadero. Se aplicaron tres regímenes de riego: testigo (sin sequía), sequía parcial (15 días sin riego) y sequía severa (30 días sin riego), en un diseño completamente randomizado con arreglo factorial 3 x 35 y tres repeticiones. Se cuantificaron seis índices de tolerancia a la sequía (PM, PMG, TOL, ITS, ISS e IER) y nueve variables de rendimiento (altura de planta, número de hojas y tallos, área foliar, número y peso de tubérculos, materia seca de tubérculo, parte aérea y raíz), procesadas en R. Paralelamente, se optimizó un protocolo de qPCR con SYBR Green para detectar el gen *St-AAO* (aldehído abscísico oxidasa), clave en la vía de biosíntesis de ABA y, por ende, en la respuesta al estrés hídrico. Ocho accesiones resultaron tolerantes a la sequía parcial: Sangre de Cristo (2x), PN8 (2x), Qachirva (4x), Peruanita (2x), Yungay (4x), Canchan (4x), Mariva (4x) y Uru Puñuchi (4x), mientras que cinco fueron susceptibles. Bajo sequía severa, otras ocho accesiones: Carrasco (4x), Corazón de Cuy (4x), Lengua de Vaca (4x), Canchan (4x), Mariva (4x), Papa Fuerte (4x), Amarilla Larga (2x) y Taragallo (2x), se clasificaron como tolerantes, y cuatro como susceptibles. El ADN extraído por CTAB 2x no generó amplificaciones específicas mediante PCR convencional; en cambio, la qPCR (50 °C; 56 °C; 60 °C, 35 ciclos) mostró curvas de amplificación robustas, confirmando la presencia del gen *St-AAO*.

Palabras clave: Estrés-hídrico, qPCR, gen *St AAO*, papas-nativas, índices-tolerancia-sequía.

RESPONSE TO WATER STRESS OF NATIVE TETRAPLOID AND DIPLOID POTATOES (*Solanum* spp.) IN A GREENHOUSE AND STANDARDIZATION OF ST-AAO GENE PCR

ABSTRACT

Potato is a strategic pillar of global food security; however, its productivity is increasingly threatened by droughts intensified by climate change. This study characterized the response to water stress of 35 native potato accessions: 23 tetraploids (4x) and 12 diploids (2x), under greenhouse conditions. Three irrigation regimes were applied: control (no drought), partial drought (15 days without irrigation), and severe drought (30 days without irrigation), in a completely randomized design with a 3x35 factorial arrangement and three replications. Six drought tolerance indices (PM, PMG, TOL, ITS, ISS and IER) and nine yield variables (plant height, number of leaves and stems, leaf area, number and weight of tubers, dry matter of tuber, shoot and root) were quantified and processed in R. In parallel, a qPCR protocol was optimized with SYBR Green to detect the St AAO (abscisaldehyde oxidase) gene, which is key in the ABA biosynthesis pathway and, therefore, in the response to water stress. Eight accessions were tolerant to partial drought: Sangre de Cristo (2x), PN8 (2x), Qachirva (4x), Peruanita (2x), Yungay (4x), Canchan (4x), Mariva (4x) and Uru Puñuchi (4x), while five were susceptible. Under severe drought, eight other accessions: Carrasco (4x), Corazón de Cuy (4x), Lengua de Vaca (4x), Canchan (4x), Mariva (4x), PapaFuerte (4x), AmarillaLarga (2x), and Taragallo (2x), were classified as tolerant, and four as susceptible. DNA extracted by CTAB2x did not generate specific amplifications using conventional PCR; however, qPCR (50°C; 56°C; 60°C, 35 cycles) showed robust amplification curves, confirming the presence of the St AAO gene.

Keywords: Water stress, qPCR, St AAO gene, native potatoes, drought tolerance indices.

I. INTRODUCCIÓN

La producción mundial de alimentos, esencial para sustentar a una población que superará los 10 000 millones de personas en 2050, enfrenta el reto creciente de la sequía y la salinidad, cuyos efectos pueden reducir el rendimiento de los cultivos entre un 70 % y un 100 % (Aina et al., 2024). Incrementar la tolerancia a la sequía es, por tanto, una prioridad estratégica, y la ingeniería genética ofrece opciones prometedoras al respecto (Bing et al., 2021; Cheng et al., 2018; Zhaoxia et al., 2019; citado por Sun et al., 2022).

En la última década, las pérdidas económicas agrícolas alcanzaron los 22 000 millones de dólares, de los cuales la sequía aportó cerca del 60 % (Matailo & Ramírez et al., 2019). A escala global, unos 1200 millones de personas sufren alto estrés hídrico, y 520 millones de ellas residen en zonas rurales (FAO, 2020). La desglaciación acelerada de los Andes incrementa la vulnerabilidad de los sistemas agrícolas sudamericanos: se proyectan aumentos de temperatura y déficit hídrico en Brasil, Bolivia, Venezuela y Colombia, con repercusiones negativas sobre cultivos como el arroz; en cambio, Perú, Argentina, Chile, Bolivia y Uruguay podrían experimentar descensos térmicos que comprometerían la quinua, la papa y el tarwi (Lozano & Povis et al., 2021).

La papa (*Solanum tuberosum L.*) es particularmente sensible a los déficits hídricos, sobre todo en suelos áridos (Silva & Díaz et al., 2020). Aunque los productores gestionan múltiples cultivares, persiste la escasez de información sobre requerimientos óptimos de riego y respuesta varietal (Matteau et al., 2021). Muchos genotipos siguen siendo susceptibles a la escasez de agua, de modo que identificar clones resistentes o tolerantes resulta imprescindible (Hoelle et al., 2020). El progreso ha sido limitado porque los programas de mejoramiento se enfocaron tradicionalmente en la productividad; si bien recientemente se han descrito genes asociados al estrés por sequía, su incorporación efectiva en los esquemas de selección aún presenta desafíos. La combinación de genotipos tolerantes con un manejo agronómico adecuado constituye, por tanto, una estrategia viable para mitigar los impactos de la sequía.

Diseñar medidas de adaptación y comprender los mecanismos fisiológicos y moleculares de tolerancia es indispensable, sobre todo en los países en desarrollo, para garantizar un suministro de alimentos sostenible a largo plazo (Kesiime et al., 2016).

Objetivos específicos

- i. Determinar la respuesta de 23 accesiones tetraploides (4x) más 12 accesiones diploides (2x) de papas nativas a la sequía parcial y severa, en condiciones de invernadero.
- ii. Ensayar la estandarización del protocolo molecular de PCR en papas nativas tetraploides (4x) y diploides (2x) portadores del gen *St AAO* para la tolerancia a la sequía, en condiciones de invernadero.

II. METODOLOGÍA

Esta investigación se realizó en el departamento de Ayacucho, provincia de Huamanga, distrito de Ayacucho, en la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, a una altitud de 2802 m.s.n.m, con coordenadas UTM 13°08'41.87''S, 74°13'14.47''O, clima seco, temperatura promedio anual 16°C. La investigación se realizó durante los meses de enero a julio del 2024. Se utilizó 35 accesiones de papas nativas (23 tetraploides y 12 diploides), procedentes del banco de germoplasma del Laboratorio de Genética y Biotecnología Vegetal (LGBV – UNSCH) (Tabla 2.1).

Tabla 2.1

Lista de 35 accesiones de papas nativas tetraploide y diploide del Banco de Germoplasma del Laboratorio de Genética Biotecnología vegetal-UNSCH, Ayacucho.

Laboratorio de Genética y Biotecnología Vegetal (LGBV)					
Nombre vernacular	Nivel de ploidía	Nro. De accesiones	Nombre vernacular	Nivel de ploidía	Nro. De accesiones
Carrasco	2n=4X=48	A1	kunkantullu	2n=4X=48	A41
Peruanita	2n=2x=24	A2	Lengua de vaca	2n=4X=48	A42
Lenguas	2n=4X=48	A4	Tumbay	2n=4X=48	A46
Duraznillo	2n=4X=48	A5	Taragallo	2n=2x=24	A48
Yuraq winchina	2n=2x=24	A7	Puka sawinto 2	2n=4X=48	A49
Allqa carrasco	2n=4X=48	A9	Chanchamayina	2n=4X=48	A50
Ruyru mindez	2n=4X=48	A13	Yana wairu	2n=2x=24	A54
Puka sawinto 1	2n=4X=48	A15	PN8	2n=2x=24	A55
Mariva	2n=4X=48	A16	Corazón de cuy	2n=4X=48	A56
PN2	2n=4X=48	A18	Qachirva	2n=4X=48	A57
Huamampa uman	2n=2x=24	A21	Papa fuerte	2n=4X=48	A58
Cuchi pelo	2n=4X=48	A25	Puca ñawi	2n=2x=24	A60
Sangre de cristo	2n=2x=24	A28	Qori sunqu	2n=2x=24	A61
Wincuello	2n=2x=24	A29	Yungay	2n=4X=48	A63

Uru puñochi	$2n=4X=48$	A31	Canchan	$2n=4X=48$	A64
Amarilla larga	$2n=2x=24$	A32	Sangre de toro	$2n=4X=48$	A35
PN5	$2n=4X=48$	A33	Peruanita larga	$2n=4X=48$	A36
Puka carrasco	$2n=2x=24$	A40			

2.1 Diseño experimental

El ensayo se condujo bajo un diseño completamente randomizado con arreglo factorial 3 (niveles de sequía) \times 35 (accesiones) \times 3 (repeticiones). Las respuestas cuantitativas se ajustaron al modelo lineal aditivo

$$Y_{ijk} = \mu + S_j + A_k + (SA)_{jk} + \epsilon_{ijk}$$

Donde: Y_{ijk} es el valor observado, μ la media general, S_j el efecto fijo del nivel de sequía j , A_k el efecto fijo de la accesión k , $(SA)_{jk}$ la interacción sequía \times accesión y ϵ_{ijk} el error experimental aleatorio.

Procedimientos estadísticos: Se realizó un análisis de varianza ANOVA ($\alpha = 0,05$) para cada una de las nueve variables de rendimiento con comparación de medias mediante la prueba de la diferencia mínima significativa (DLS), análisis de componentes principales (ACP) basado en la matriz de correlaciones, agrupamiento jerárquico (método UPGMA, distancia euclidiana) y correlaciones de Pearson entre variables de rendimiento e índices de tolerancia. Los análisis se efectuaron en R 4.4.0 (R Core Team, 2024) dentro de RStudio, empleando *stats*, *agricolae*, *FactoMineR* y *factoextra*.

Cada unidad experimental consistió en una planta cultivada en maceta de 4 kg con sustrato 2:1:1 (tierra negra: arena: musgo). Hasta los 52 días después de la siembra (inicio de floración) las macetas se mantuvieron a capacidad de campo, aplicándose el volumen de agua con probeta graduada para garantizar uniformidad antes de iniciar los tratamientos de sequía.

Para el cálculo de CC según Rubio, (2010).

$$CC = \frac{(PSH - PSS) * 100}{PSS}$$

Donde:

CC: Porcentaje de humedad a capacidad de campo (%).

PSS: Peso de suelo seco (g o Kg).

PSH: Peso de suelo húmedo (g o Kg), después de 24 horas.

La cantidad de agua calculada con que se regó a CC fue de 500 ml para 2.5 kilos de sustrato. Una vez terminado el periodo de sequía inducida (parcial y severa), se aplicó un riego a mitad de capacidad de campo, cada 5 días.

2.2 Tratamientos

Los tratamientos fueron: Sin sequía (SS) riego continuo a capacidad de campo, sequía parcial (SP) suspensión del riego durante 15 días, sequía severa (SV) suspensión del riego durante 30 días. Los tratamientos se iniciaron en la fase de inicio de floración/formación de estolones, considerada el punto fenológico más crítico para la papa por su elevada demanda hídrica para la tuberización. De este modo se evaluó la sensibilidad del cultivo al déficit de agua justamente cuando la disponibilidad hídrica resulta determinante para el rendimiento final.

2.3 Manejo agronómico en condiciones de invernadero

La mezcla de sustrato se preparó con tierra negra, arena y musgo en proporción 2:1:1. Para garantizar su sanidad, el sustrato se sometió a solarización durante 14 días antes de llenar las macetas. En cada unidad experimental se plantaron 2-3 tubérculos semilla y se regó a capacidad de campo. A lo largo del ciclo fenológico se aplicaron prácticas rutinarias de deshierbe, a fin de minimizar la competencia por luz, agua y nutrientes. Se efectuaron dos aporques estratégicos, añadiendo sustrato adicional para favorecer la formación de estolones y la tuberización. No se incorporaron fertilizantes en ninguna etapa del experimento. La cosecha se llevó a cabo a los 105 días después de la siembra, coincidiendo con la madurez fisiológica. Los tubérculos se recolectaron, etiquetaron y almacenaron bajo condiciones controladas para su posterior evaluación.

2.4 Evaluación de parámetros de rendimiento

La evaluación de las plantas incluyó la medición de la altura (desde el cuello hasta la yema apical del tallo principal), y el conteo del número de hojas y tallos aéreos. Para estimar el área de frondosidad, se utilizó una grilla de madera de 80x60 cm con cuadrículas de 5x5 cm,

siguiendo el método de Korva (1996). Al momento de la cosecha, se evaluaron el número, peso fresco y materia seca de tubérculos, de la parte aérea de la planta y la raíz, basándose en la metodología de Guerrero et al. (2018).

$$MS = \frac{PS}{PF} \times 100$$

Donde:

- ✓ MS: materia seca
- ✓ PS: peso seco de la planta
- ✓ PF: peso fresco de la planta

2.5 Evaluación de los índices de tolerancia a la sequía

Para la evaluación de tolerancia al estrés hídrico se utilizó los siguientes índices:

Productividad media (PM): A mayor valor de PM mayor tolerancia a la sequía, a menor valor de PMG mayor susceptibilidad a la sequía (Morales & Rodríguez, 2016).

$$PM = \frac{Yp + Ys}{2}$$

Dónde: Ys: rendimiento en condiciones de sequía; Yp: rendimiento en condiciones normales.

Productividad media geométrica (PMG): A mayor valor de PMG mayor tolerancia a la sequía, a menor valor de PMG mayor susceptibilidad a la sequía (Hinojosa, 2009; Ramirez & Kelly 1998; citado por Rivadeneira R. et al., 2020).

$$PMG = (Yp * Ys)^{0.5}$$

Dónde: Ys: rendimiento en condiciones de sequía; Yp: rendimiento en condiciones normales.

Tolerancia (TOL): Un menor valor de TOL indica mayor tolerancia, mientras que un mayor valor de TOL sugiere una mayor susceptibilidad (Morales & Rodríguez, 2016).

$$TOL = (Yp - Ys)$$

Donde: Ys: rendimiento en condiciones de sequía; Yp: rendimiento en condiciones normales.

Índice de tolerancia a la sequía (ITS): Valores más cercanos a uno son las que muestran mayor tolerancia a la sequía (Rosielle y Hamblin, 1981; citado por Morales & Rodríguez, 2016).

$$ITS = \frac{(Ys * Yp)}{Yp^2}$$

Donde: Ys: rendimiento en condiciones de sequía; Yp: rendimiento en condiciones normales.

Índice de susceptibilidad a la sequía (ISS): valores más bajos son las más tolerantes a la sequía, mientras que aquellas con valores cercanos a 1 se consideran neutrales. Por otro lado, valores superiores a 1 son consideradas susceptibles a la sequía (Fernandez, 1992; citado por Morales & Rodríguez, 2016).

$$ISS = \frac{[1 - (\frac{Ys}{Yp})]}{[1 - (\frac{Ya}{Yb})]}$$

Donde: Ys: rendimiento en condiciones de sequía; Yp: rendimiento en condiciones normales; Ya: rendimiento de todas las accesiones bajo condiciones de sequía; Yb: rendimiento de todas las accesiones en condiciones normales.

Índice de estabilidad del rendimiento (IER): A mayor valor de IER mayor tolerancia a la sequía, a menor valor de IER mayor susceptibilidad a la sequía (Morales & Rodríguez, 2016).

$$IER = (\frac{Ys}{Yp}) * 100$$

Donde: Ys: rendimiento en condiciones de sequía; Yp: rendimiento en condiciones normales.

2.6 Extracción de ADN

Se extrajo ADN de papas nativas a partir de las hojas tiernas, sanas y frescas. Se siguió el método CTAB 2X (hexadecil bromuro de trimetil amonio) (Doyle y Doyle, 1990), modificado por CIP, (1998). El control de calidad de ADN se realizó mediante espectrofotometría y la integridad se verificó mediante electroforesis en agarosa al 2%.

2.7 PCR tiempo real (qPCR)

Se realizó un qPCR para las accesiones A29, A28 y A2 para el gen St AAO, el master mix fue preparado mezclando 1Rx 10 uL HiSYBR (Sybergreen) [1X]; 1.5uL primer F[10uM] y 1.5uL primer R[10uM] y 2uL ADN molde [A:20 ng/uL; B: 10 ng/uL]; 5uL NFW, completando el

volumen total de 20uL, con un primer F: TATTTGGAAAGTTTGCTGG, R: AAGTGTTTGTCTGGGTCATC. Luego se diseñó un perfil térmico con 35 ciclos, siguiendo el protocolo estandarizado de (LGBV -UNSCH) para qPCR.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Respuesta de papas nativas a 15 días de sequía parcial (SP)

Valores de los Índices de Sequía en SP

En la tabla 3.1 se muestra análisis de varianza de los índices de sequía: PM, PMG, TOL, ITS, ISS y IER; tanto para accesiones diploides y tetraploide de manera independiente. En los resultados para las papas nativas diploides, la fuente de variación Accesiones (A) resultó altamente significativo ($p < 0.01$) para todos los índices en sequía parcial (SP). En los tetraploides también resultaron altamente significativo ($p < 0.01$), excepto en ITS, ISS y IER quienes resultaron no significativo. Los coeficientes de variación en Accesiones (A) diploides varían en el rango de 9.96%-57.15%, mientras para las accesiones tetraploides varían en el rango de 10.07%-97.68%, donde los valores próximos a cero indican precisión y homogeneidad de los datos, mientras los valores más altos indican que los datos resultaron relativamente heterogenias, debido a que algunos valores calculados de los índices resultaron negativos, indicadores de resistencia.

Tabla 3.1

Análisis de varianza de productividad media (PM), productividad media geométrica (PMG), tolerancia (TOL), índice de tolerancia a la sequía (ITS), índice de susceptibilidad a la sequía (ISS) e índice de estabilidad del rendimiento (IER).

Ploidía	F. Variación	G. L	Productividad media (PM)	Productividad media geométrica (PMG)	Índice de tolerancia (TOL)	Índice de tolerancia a la sequía (ITS)	Índice de susceptibilidad a la sequía (ISS)	Índice de estabilidad de rendimiento (IER)
Diploide	Accesiones (A)	11	2415.2**	2354.7**	711.3**	0.09366**	1.4085**	934.0**
	Error	24	24.6	27.8	42.6	0.02759	0.4216	275.9
	Total	35						
	C. V (%):		9.96	10.85	37.04	23.42	57.15	23.43
Tetraploide	Accesiones (A)	22	2462.1**	2439.6**	395.6**	0.05566ns	0.8822ns	552.3ns
	Error	46	24.1	24.2	85.8	0.04272	0.6323	427.5
	Total	68						
	C. V (%):		10.07	10.27	70.68	26.23	97.68	26.23

Análisis de componentes principales (PCA) en SP

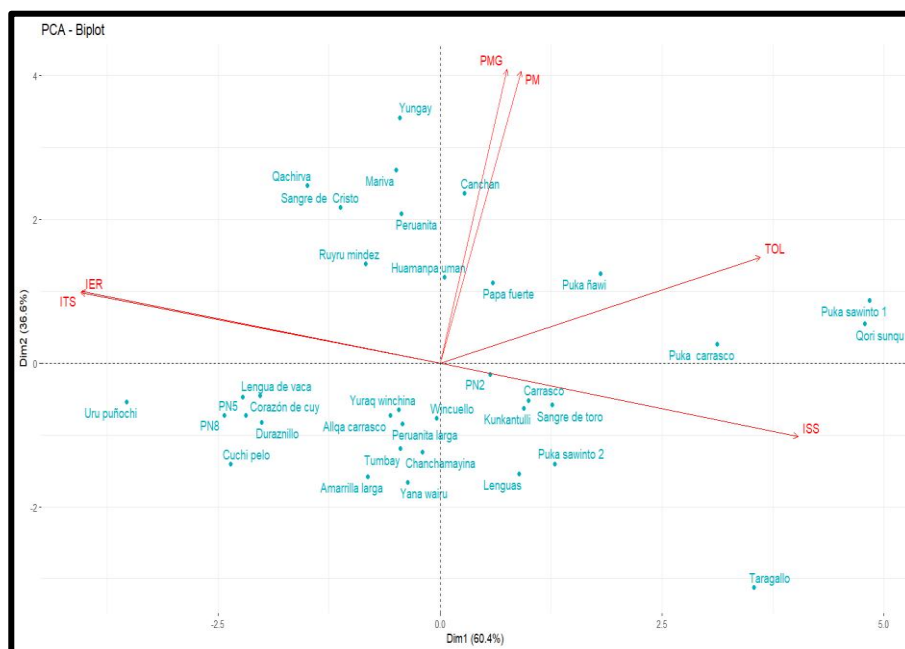
En la figura 3.1 se muestra la distribución individual de las accesiones en un plano bidimensional, de acuerdo a los índices de sequía en la sequía parcial (SP) en este resultado las accesiones de papas nativas se agrupan de acuerdo a los valores de los índices de sequía considerando el 97 % de variancia. En la figura 1 las accesiones que están cerca a los índices PM y PMG, presentan tolerancia al estrés hídrico (Yungay, Mariva, Sangre de Cristo, Peruanita, y Canchan), y las accesiones que están en el lado opuesto de estos índices presentan susceptibilidad al estrés hídrico (Taragallo, Cuchi pelo y Yana wairu). Contrariamente a lo que pasa con el índice de sequía TOL, los más cercanos a este son más susceptibles al estrés hídrico (Puka sawinto 1, Qori sunqu, y Puka carrasco) y las accesiones que están al lado opuesto son más resistentes al estrés hídrico (Uru puñuchi, Cuchi pelo y PN8). Las accesiones cercanas a los índices ITS y IER, son más tolerantes al estrés hídrico (Uru puñuchi, PN8, Sangre de Cristo y Peruanita, PN5 y Qachirva), y las accesiones que están a lado opuesto son más susceptibles al estrés hídrico (Taragallo, Puka sawinto 2, Qori sunqu y Puka carrasco). Respecto al índice de sequía ISS, los más cercanos a este son más susceptibles al estrés hídrico (Taragallo, Puka

sawinto, Qori sunqu y Puka carrasco) y las accesiones que están al lado opuesto son más tolerantes al estrés hídrico (Uru puñuchi, PN8, Sangre de Cristo y Peruanita, PN5 y Qachirva).

Morales y Rodríguez (2016) señalan que el índice de productividad media (PM), definido como la relación entre el rendimiento promedio con riego y el obtenido sin riego para un mismo genotipo, es directamente proporcional a la tolerancia al estrés hídrico: valores altos de PM implican mayor resiliencia, mientras que valores bajos denotan susceptibilidad. En contraste, el índice de tolerancia (TOL) cuantifica la reducción absoluta del rendimiento bajo estrés hídrico respecto a condiciones óptimas; por ello, valores reducidos de TOL indican una mayor tolerancia, y valores elevados, mayor sensibilidad. Diversos autores sostienen que la estrategia de selección más eficiente consiste en identificar los genotipos con la productividad media geométrica (PMG) más alta, al integrar el desempeño en ambos regímenes hídricos (Hinojosa, 2009; Ramírez & Kelly, 1998; citado en Rivadeneira et al., 2020).

Figura 3.1

Biplot de las 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides bajo el efecto de la sequía parcial (SP).



Nota: Índices de sequía PM (productividad media), PMG (productividad media geométrica), TOL (tolerancia), IER (índice de estabilidad del rendimiento), ITS (índice de tolerancia a la sequía) y ISS (índice de susceptibilidad a la sequía).

3.2 Respuesta de papas nativas a 30 días de sequía severa (SV)

Valores de los Índices de Sequía en SV

En la tabla 3.2 se muestra análisis de varianza de los índices de sequía: PM, PMG, TOL, ITS, ISS y IER; tanto para accesiones diploides y tetraploide de manera independiente. En los resultados para las papas nativas diploides, la fuente de variación Accesiones (A) resulto altamente significativo ($p < 0.01$), para todos los índices tanto en sequía severa (SV). En los tetraploides también resultaron altamente significativo los índices. Los coeficientes de variación en accesiones diploides varían en el rango de 9.38%-37.31%, mientras para las accesiones tetraploides varían en el rango de 10.66%-37.57%, donde los valores próximos a cero indican precisión y homogeneidad de los datos.

Tabla 3.2

Análisis de varianza de productividad media (PM), productividad media geométrica (PMG), tolerancia (TOL), índice de tolerancia a la sequía (ITS), índice de susceptibilidad a la sequía (ISS) e índice de estabilidad de rendimiento (IER).

Ploidía	F. Variación	G. L	Productividad media (PM)	Productividad media geométrica (PMG)	Índice de tolerancia (TOL)	Índice de tolerancia a la sequía (ITS)	Índice de susceptibilidad a la sequía (ISS)	Índice de estabilidad de rendimiento (IER)
			Cuadrados Medios (CM)					
Diploide	Accesiones (A)	11	1396.9**	1073.1**	1803.9**	0.10305**	0.3872**	1023.8**
	Error	24	14.5	11.9	47.1	0.02924	0.1119	291.5
	Total	35						
	C. V (%):		9.38	9.64	19.1	37.31	31.56	37.25
Tetraploide	Accesiones (A)	22	1689.8**	1530.4**	1132.4**	0.10812**	0.4119**	1077**
	Error	46	21.6	18.4	59.9	0.02509	0.0965	525
	Total	68						
	C. V (%):		10.89	10.66	30.72	27.47	37.57	27.51

Análisis de componentes principales (PCA) en SV

En la figura 3.2 se muestra la distribución individual de las accesiones en un plano bidimensional, de acuerdo a los índices de sequía en la sequía severa (SV) en este resultado las accesiones de papas nativas se agrupan de acuerdo a los valores de los índices de sequía considerando el 98.8 % de variancia. En la figura 2 las accesiones que están cerca a los índices PM y PMG, presentan tolerancia al estrés hídrico (Yungay, Mariva, Qachirva, Puka ñawi, y Canchan), y las accesiones que están en el lado opuesto de estos índices presentan

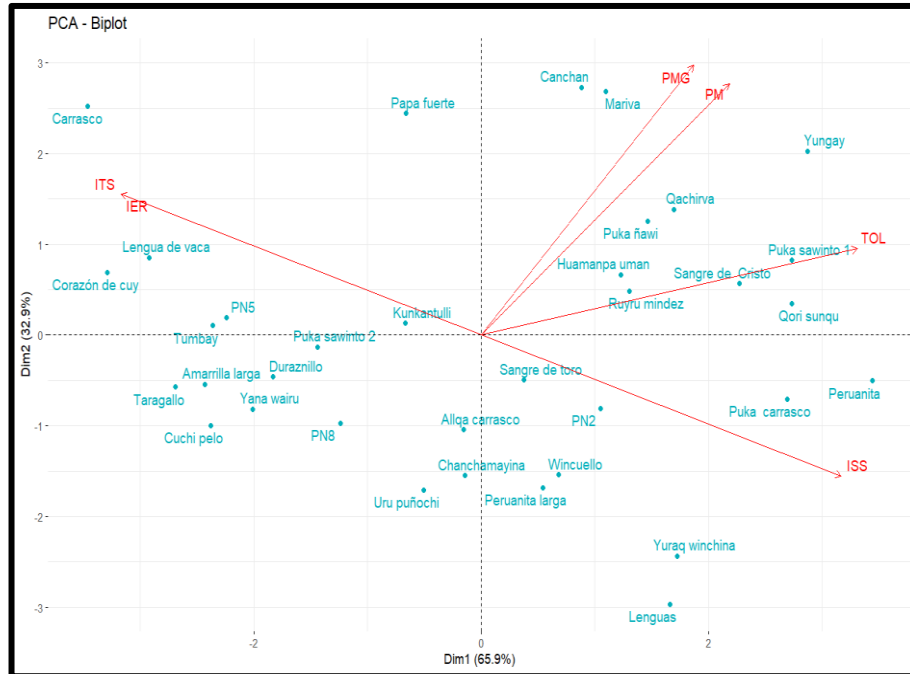
susceptibilidad al estrés hídrico (Taragallo, Cuchi pelo, Yana wairu, Amarilla larga, Duraznillo, PN8 y Uru puñoche). Contrariamente a lo que pasa con el índice de sequía TOL, los más cercanos a este son más susceptibles al estrés hídrico (Puka sawinto 1, Qori sunqu, Sangre de Cristo y Yungay) y las accesiones que están al lado opuesto son más resistentes al estrés hídrico (Taragallo, Cuchi pelo, Amarilla larga, Yana wairu y Duraznillo). Las accesiones cercanas a los índices ITS y IER, son más tolerantes al estrés hídrico (Carrasco, lengua de vaca y Corazón de cuy), y las accesiones que están a lado opuesto son más susceptibles al estrés hídrico (Peruanita, Yuraq winchina, Lenguas y Puka carrasco). Respecto al índice de sequía ISS, los más cercanos a este son más susceptibles al estrés hídrico (Peruanita, Yuraq winchina, Lenguas y Puka carrasco) y las accesiones que están al lado opuesto son más tolerantes al estrés hídrico (Carrasco, lengua de vaca y Corazón de cuy).

De acuerdo a la escala sugerida Fernandez, (1992) ; citado por Morales & Rodríguez, (2016) el Índice de Susceptibilidad a Sequía (ISS) indica que las variedades con valores más bajos son las más tolerantes a la sequía, mientras que aquellas con valores cercanos a 1 se consideran neutrales. Por otro lado, las variedades con valores superiores a 1 son consideradas susceptibles a la sequía.

Rosielle y Hamblin, (1981); citado en Morales & Rodríguez, (2016) establecieron que los valores del índice de tolerancia a la sequía (ITS) próximos a 1 reflejan una alta capacidad del genotipo para sostener su rendimiento bajo déficit hídrico; cuanto más se aleja el ITS de esta unidad, mayor es la sensibilidad. Por su parte, Morales y Rodríguez (2016) indican que un índice de estabilidad de rendimiento (IER) elevado en condiciones de escasez de agua denota un desempeño agronómico uniforme y, por ende, una mayor tolerancia; en contraste, valores bajos de IER evidencian un rendimiento inestable y revelan susceptibilidad a la sequía.

Figura 3.2

Biplot de las 35 accesiones de papas nativas diploides y tetraploides bajo el efecto de la sequía severa (SV).



Nota: Índices de sequía PM (productividad media), PMG (productividad media geométrica), TOL (tolerancia), IER (índice de estabilidad de rendimiento), ITS (índice de tolerancia a la sequía) y ISS (índice de susceptibilidad a la sequía).

3.3 Resultados de la extracción de ADN

En la tabla 3.3 y figura 3.3 se presentan los resultados de la cantidad y calidad de ADN por espectrofotometría y densitometría en gel de agarosa al 2% y electroforesis horizontal, respectivamente. Se muestra la cantidad y calidad de ADN de las 11 accesiones de papas nativas realizado por espectrofotometría, reportando concentraciones en el rango de 384.5 – 1066.4 ng/uL y una absorbancia (A260/A280) de 1.89 – 2.04 los cuales indican que se encuentran en el rango óptimo categorizado como ADN de buena calidad.

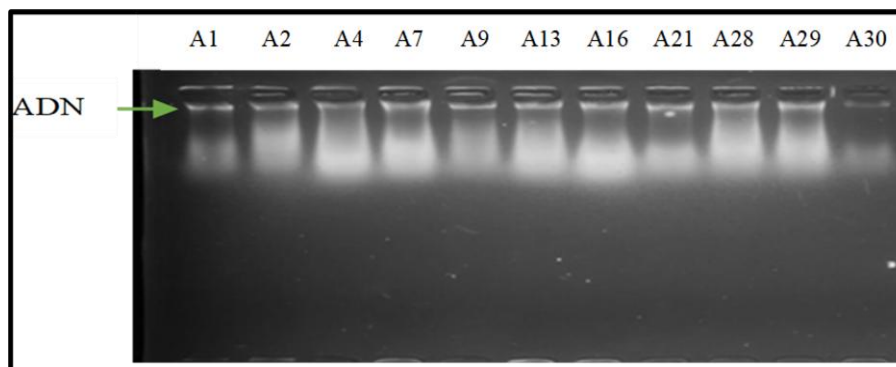
Tabla 3.3

Resultados de la cantidad (ng/uL) y calidad de ADN (A260/A280), por espectrofotometría.

Acciones	[ADN (ng/uL)	A260/A280 1.8-2.0
A1	702.7	1.96
A2	667.4	2
A4	479.2	1.97
A7	907.3	1.95
A9	690.1	1.91
A13	532.3	1.89
A16	384.5	1.96
A21	1066.4	2
A28	872.4	1.92
A29	787.7	1.95
A30	944.8	1.97

Figura II.3

Resultados de Calidad de ADN por densitometría.



Nota: A1(Carrasco), A2 (Peruanita), A4 (Lenguas), A7 (Yuraq winchina), A9 (Allqa carrasco), A13 (Ruyru mindez), A16 (Mariva), A21(Huamampa uman), A28 (Sangre de Cristo), A29 (Wincuello), A30 (Atuqpa papan, control +).

3.4 Resultados de prueba de PCR tiempo real (qPCR)

Se realizó un PCR en tiempo real (qPCR), ya que este es más sensible al ser un PCR cuantitativa, se obtuvo los siguientes resultados que se muestran en la tabla 3.4 y figura 3.4.

Tabla 3.4

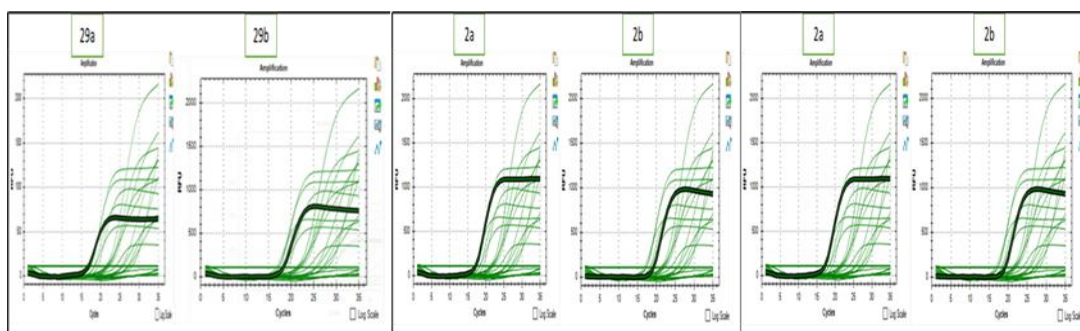
Resultados de los valores Cq obtenido en 3 accesiones (acc29, acc2 y acc28) de papa luego de PCR tiempo real (qPCR).

Well	Sample	Gene	[ng/uL]	Cq
1	29a	Staa0	15	16.75
2	29b	Staa0	10	18.28
3	2a	Staa0	15	17.20
4	2b	Staa0	10	19.22
5	28a	Staa0	15	17.33
6	28b	Staa0	10	18.38

Nota: a=concentración de ADN [15 ng/uL]; b= concentración de ADN [10 ng/uL]

Figura 3.4

Curva de concentración de qPCR de las accesiones 29 (a y b), 2 (a y b) y 28 (a y b).



Velasco (2012), observó la presencia del gen *St aldehído abscísico oxidasa* involucrado en la tolerancia a la sequía, en *S. tuberosum* cv. Karú y *S. tuberosum* cv. Yangana, donde en *S. tuberosum* cv. Karú mostro bandas más nítidas a diferencia en *S. tuberosum* cv. Yangana empleando un master mix con un volumen para 1Rx de 20 uL (10.4uL NFW; 2.0uL Buffer; 1.6uL MgCl₂; 0.8uLdNTPs; 1.5uL F y R; 0.2uL Taq polimerasa y 2.0uL de ADN [15 ng/uL]) y para la electroforesis un gel de agarosa al 2.5% corridos a 80V/70A/1°30'.

IV. CONCLUSIONES

1. A los 15 días de sequía parcial (SP), las accesiones más tolerantes según cada índice de sequía fueron: PM la accesión 28 (Sangre de cristo, 87.33 g/plta) y la accesión 63 (Yungay, 112.79g/plta); PMG la accesión 28 (Sangre de cristo, 87.17g/plta) y la accesión 63 (Yungay, 112.44g/plta); TOL la accesión 55 (PN8, 1.69/plta) y la accesión 31 (Uru puñochi, 0.20/plta); ITS la accesión 55 (PN8, 0.94) y la accesión 31 (Uru puñuchi, 1.04); IER la accesión 55 (PN8, 93.96%) y la accesión 31 (uru puñuchi, 104.46%); ISS la accesión 55 (PN8, 0.23) y la accesión

31 (uru puñuchi, -0.17) y a los 30 días de sequía severa (SV) fueron: PM la accesión 60 (Puka ñawi, 67.84 g/plta) y la accesión 63 (Yungay, 85.94g/plta); PMG la accesión 60 (Puka ñawi, 63.60g/plta) y la accesión 16 (Mariva, 81.61g/plta); TOL la accesión 48 (Taragallo, 4.35/plta) y la accesión 1 (Carrasco, 1.36/plta); ITS la accesión 48 (Taragallo, 0.74) y la accesión 1 (Carrasco, 0.98); IER la accesión 48 (Taragallo, 74.36%) y la accesión 1 (Carrasco, 98.05%); ISS la accesión 48 (Taragallo, 0.51) y la accesión 1 (Carrasco, 0.04).

2. Se observó la presencia (curva) del gen ST AAO para un PCR tiempo real consta de un Master mix con volumen para 1Rx de 10uL HiSYBR (Sybergreen) [1X]; 1.5uL primer F [10uM] y 1.5uL primer R [10uM] y 2uL ADN molde [A:20 ng/uL; B: 10 ng/uL]; 5uL NFW, completando el volumen total de 20uL con el mismo perfil térmico a 35 ciclos.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aina, O., Bakare, O. O., Fadaka, A. O., Keyster, M., & Klein, A. (2024). Plant biomarkers as early detection tools in stress management in food crops: a review. In *Planta* (Vol. 259, Issue 3). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s00425-024-04333-1>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2020). El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2020. Superar los desafíos relacionados con el agua en la agricultura. In *Idesia* (Vol. 32). <https://doi.org/10.4060/cb1447es>
- Guerrero, M. J. L., Castañed, C. L., Garay, A. H., Hernández, P. A. M., & Cerrilla, M. E. O. (2018). Performance of dry matter yield and its components in germoplasm of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, 9(3), 487–505. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i3.4440>
- Hoelle, J., Asch, F., Khan, A., & Bonierbale, M. (2020). Phenology-adjusted stress severity index to assess genotypic responses to terminal drought in field grown potato. *Agronomy*, 10(9). <https://doi.org/10.3390/agronomy10091298>
- Kesiime, V. E., Tusiime, G., Kashaija, I. N., Edema, R., Gibson, P., Namugga, P., & Kakuhenzire, R. (2016). Characterization and Evaluation of Potato Genotypes (*Solanum tuberosum* L) for Tolerance to Drought in Uganda. *American Journal of Potato Research*,

93(6), 543–551. <https://doi.org/10.1007/s12230-016-9533-5>

Korva, J. T. (1996). Grids in ground cover measurements. *Potato research*, 39, 533-540. <https://doi.org/10.1007/BF02358472>

Matailo-Ramirez, L. M., Luna-Romero, A. E., Cervantes Alava, A. R., & Vega Jaramillo, F. Y. (2019). Sequías: efecto sobre los recursos naturales y el desarrollo sostenible. *Revista Científica Agroecosistemas*, 1–9. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/331>

Matteau, J. P., Célicourt, P., Létourneau, G., Gumiere, T., & Gumiere, S. J. (2021). Potato varieties response to soil matric potential based irrigation. *Agronomy*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/agronomy11020352>

Morales, A., Morales, A. & Rodríguez, D., (2016). *Índices agronómicos para determinar tolerancia a sequía en variedades de papa (Solanum tuberosum L.)*. 1-8. https://www.researchgate.net/publication/374116591_Indices_agronomicos_para_determinar_tolerancia_a_sequia_en_variedades_de_papa_Solanum_tuberosum_L

Rivadeneira R., J., Jaramillo A., P., Fernandez-Northcote, E., & Cuesta S., X. (2020). Identification of potato genotypes with tolerance to water deficit. *Manglar*, 17(4), 321-329. <https://doi.org/10.17268/manglar.2020.048>

Rubio G. A.L. (2010). *La densidad aparente en suelos forestales del parque natural los alcornocales*. ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA AGRÍCOLA. UNIVERSIDAD DE SEVILLA <https://digital.csic.es/bitstream/10261/57951/1/La%20densidad%20aparente%20en%20suelos%20forestales%20.pdf>

Silva C, P., Silva R, H., Garrido S, M., & Acevedo H, E. (2015). MANUAL DE ESTUDIO Y EJERCICIOS RELACIONADOS CON EL CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO Y SU USO POR LOS CULTIVOS. *Universidad de Chile*.

Sun, S., Li, X., Gao, S., Nie, N., Zhang, H., Yang, Y., He, S., Liu, Q., & Zhai, H. (2022). A Novel WRKY Transcription Factor from *Ipomoea trifida*, ItfWRKY70, Confers Drought Tolerance in

Sweet Potato. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(2).
<https://doi.org/10.3390/ijms23020686>

Velasco, R. B. E. (2012). “*Estudio de la expresión del gen St aldehído abscísico oxidasa y del gen Dhn10 en dos variedades de papa (Solanum tuberosum L.) sometidas a estrés hídrico.*” Escuela Politécnica de Ejército.



UNSCH

FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

Anexo 10

ENTREGA DE ARTÍCULO CIENTÍFICO A LA UIIFCA

Título del trabajo de investigación

Respuesta al estrés hídrico de papas nativas tetraploides y diploides (*Solanum* spp.) en invernadero y estandarización de PCR gen *St aldehído abscísico oxidasa*

Autor responsable 1

Bach. Luis Enmanuel Salvatierra Bañico

Autor responsable 2 (Asesor y otros)

Ph. D. Germán F. De La Cruz Lapa

Correo electrónico y teléfono celular del autor responsable 1

Luis.salvatierra.01@unsch.edu.pe

cel. 917359376

Firma del autor



Huella dactilar

Nombre1 : Luis Enmanuel Salvatierra Bañico

DNI : 78462042

El Director de la Unidad de Investigación e Innovación de la Facultad de Ciencias Agrarias da constancia que se ha recibido el artículo científico impreso y en formato digital.

Ayacucho, 21 del mes julio del año 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ciencias Agrarias

Ph.D. Marlene Cerda Gómez
DIRECTORA UIIFCA