

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

Evaluación de veinticuatro genotipos de papa (*Solanum tuberosum*) en base a rendimiento y respuestas fisiológicas frente al estrés de sequía

Solbay Elizabeth Segovia Pacheco

Ingeniería en Agroempresas

Trabajo de integración curricular presentado como requisito para la obtención del título
de
Ingeniero en Agroempresas

Quito, 23 de diciembre de 2019

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
USFQ COLEGIO DE CIENCIAS E INGENIERÍAS**

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Evaluación de veinticuatro genotipos de papa (*Solanum tuberosum*) en base a rendimiento y respuestas fisiológicas frente al estrés de sequía

Solbay Elizabeth Segovia Pacheco

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Antonio León Reyes, Ph.D.

Firma del profesor:

Quito, 23 de diciembre de 2019

Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: _____

Nombres y apellidos: Solbay Elizabeth Segovia Pacheco

Código: 00123574

Cédula de Identidad: 0503709727

Lugar y fecha: Quito, 23 de diciembre de 2019

RESUMEN

La sequía, limita el crecimiento y la productividad del cultivo del papa, ya que es una especie sensible al déficit hídrico y en todos los estadios de desarrollo del cultivo requiere de abundante agua, sobre todo en la etapa de formación de estolones y crecimiento de los tubérculos. Además, las condiciones climáticas de varias zonas de Ecuador no son aptas para la producción de papa a causa del efecto de la sequía y las zonas productoras son más sensibles a los efectos del cambio climático. Esta situación exige el estudio y la búsqueda de genotipos de papa adaptados al estrés de sequía. En esta investigación se determinó la producción (kg/ha) de veinte y cuatro genotipos en condiciones óptimas y déficit hídrico. Además, se evaluó algunos parámetros fisiológicos durante el estrés de sequía como son: contenido volumétrico de agua, conductancia estomática, fluorescencia de la clorofila, potencial hídrico, y determinación de la acumulación de prolina. Los genotipos sometidos a evaluación fueron los siguientes: Estela; Josefina; Libertad, Natividad; Puca Shungo; Superchola; Victoria; Yana Shungo, mientras que los clones promisorios obtenidos de programas de mejoramiento genético del INIAP fueron los siguientes: 07-32-15; 07-40-1; 07-46-8; 12-4-45; 12-4-72; 12-4-145; 12-6-29; 380496,2; 399002,52; 399062,115; 399075,26; 399079,27; 399090,15; 97-25-3; 98-38-12. Después del análisis de la producción durante el estrés de sequía, se determinó que las variedades más tolerantes (mayor producción) fueron: 399075,26, 07-32-15, 97-25-3, Victoria, 07-46-8, 12-4-45, 12-4-145, 98-38-12 y 399079,27; mientras que las más susceptibles fueron: 98-2-6, Natividad, Yana Shungo, Puca Shungo, 380496,2, 399090,15 y Libertad. Además, se correlacionaron los resultados de los parámetros fisiológicos versus el rendimiento antes y después del estrés para sequía, encontrando valores no significativos entre estos. Sin embargo, el valor de R^2 de 0,74 obtenido por la correlación entre el rendimiento antes del estrés versus el rendimiento después del estrés si fue significativo; concluyendo que las variedades que más producen en condiciones sin estrés, también producen más en condiciones de estrés por sequía.

Palabras clave: Sequía, Nivel de daño Foliar, Parámetros Fisiológicos, Rendimiento, Tolerancia

ABSTRACT

The drought limits the growth and productivity of the potato crop, since it is a species sensitive to water deficit and in all stages of crop development requires plenty of water, especially at the stage of stolon formation and growth of the tubers. In addition, climatic conditions in several areas of Ecuador are not suitable for potato production because of the effect of drought and producing areas are more sensitive to the effects of climate change. This situation requires the study and search of potato genotypes adapted to drought stress. In this investigation, the production (kg / ha) of twenty-four genotypes in optimal conditions and water deficit was determined. In addition, some physiological parameters were evaluated during drought stress such as: volumetric water content, stomatic conductance, chlorophyll fluorescence, water potential, and determination of proline accumulation. The genotypes under evaluation were the following: Stela; Josefina; Freedom, Natividad; Puca Shungo; Superchola; Victory; Yana Shungo, while the promising clones obtained from INIAP genetic improvement programs were the following: 07-32-15; 07-40-1; 07-46-8; 12-4-45; 12-4-72; 12-4-145; 12-6-29; 380496.2; 399002.52; 399062,115; 399075.26; 399079.27; 399090.15; 97-25-3; 98-38-12. After the analysis of the production during the drought stress, it was determined that the most tolerant varieties (highest production) were: 399075.26, 07-32-15, 97-25-3, Victoria, 07-46-8, 12 -4-45, 12-4-145, 98-38-12 and 399079.27; while the most susceptible were: 98-2-6, Natividad, Yana Shungo, Puca Shungo, 380496.2, 399090.15 and Libertad. In addition, the results of the physiological parameters were correlated versus performance before and after drought stress, finding non-significant values among them. However, the R² value of 0.8 obtained by the correlation between performance before stress versus performance after stress was significant; concluding that the varieties that produce more in conditions without stress, also produce more in conditions of stress due to drought.

Keywords: Drought, Foliar damage level, Physiological parameters, Performance, Tolerance

TABLA DE CONTENIDO

I. Introducción	10
A. Descripción	11
B. Importancia mundial del cultivo	12
C. Importancia del cultivo en el Ecuador	13
D. Diversidad genética.....	14
E. Factores bióticos	16
F. Factores abióticos	16
1. Estrés de sequía.....	16
2. Daños causados por sequía en papa	17
3. Metodologías para evaluar el contenido de agua en el suelo	18
A. Contenido Volumétrico.....	18
4. Métodos para evaluar la tolerancia o susceptibilidad de los genotipos después del daño por sequía	18
B. Rendimiento	19
C. Índice de Daño Foliar.....	19
5. Métodos para cuantificar el estrés usando parámetros fisiológicos después del daño por sequía	20
A. Contenido de prolina.....	20
B. Conductancia estomática	21
C. Fluorescencia de la clorofila	21
D. Contenido de clorofila.....	22
E. Potencial Hídrico	23
II. Justificación.....	23
III. Objetivo General.....	25

IV. Objetivos Específicos.....	25
V. Hipótesis.....	25
VI. Metodología	26
A. Material vegetal	26
B. Localización del ensayo	26
C. Material de siembra.....	27
D. Manejo del cultivo (riego, nutrición y control de plagas y enfermedades)	27
E. Condiciones del experimento.....	27
1. Etapa fenológica.....	28
2. Exposición al estrés de sequía y recuperación	28
F. Metodología de evaluación	29
1. Contenido volumétrico del agua	29
2. Rendimiento obtenido	30
3. Daño foliar mediante la escala de daño visual	30
4. Contenido de prolina	31
5. Conductancia estomática	33
6. Fluorescencia de la clorofila	34
7. Contenido de clorofila.....	34
VII. Resultados	35
A. Porcentaje relativo de contenido volumétrico de agua en el suelo antes y después de sequía.	35
B. Rendimiento de plantas Antes y Después de rendimiento de sequía.....	36
1. Producción sin estrés.....	36
2. Producción de tubérculos de papa (kg por planta) después del estrés de sequía.	37
3. Porcentaje relativo de producción de tubérculos de papa antes y después del estrés de sequía.....	38

4.	Nivel de daño foliar después del estrés de sequía en veinticuatro genotipos de papa	39
D.	Valoración de tolerancia o susceptibilidad en los veinticuatro genotipos	43
E.	Evaluación del contenido de prolina	45
1.	Contenido de prolina sin estrés	45
F.	Evaluación de la conductancia estomática	47
1.	Conductancia estomática relativa después de sequía	47
G.	Evaluación de la fluorescencia de clorofila	48
1.	Fluorescencia relativa de clorofila después de sequía	48
H.	Evaluación del contenido de clorofila	49
1.	Contenido relativo de clorofila después de sequía	49
I.	Evaluación del potencial hídrico en los genotipos de papa	50
1.	Potencial hídrico después de sequía	50
J.	Correlaciones entre las variables de rendimiento y las fisiológicas	51
VII.	Discusión	53
A.	Evaluación de las condiciones del tratamiento de sequía	53
B.	Evaluación del daño foliar y el rendimiento en sequía	54
C.	Rendimiento antes y después del estrés por sequía	56
D.	Evaluación de las respuestas fisiológicas del cultivo de papa en sequía	56
E.	Contenido de prolina	56
F.	Fluorescencia	57
G.	Conductancia Estomática	57
H.	Potencial Hídrico	58
X.	Recomendaciones	61
X.I	Referencias	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Escala de daño visual.....	30
Tabla 2. Cantidad de etanol según el peso de las muestras.....	32
Tabla 3 : Ponderación usada para rendimiento.....	43
Tabla 4: Ponderación usada para escala de daño visual (sequía).....	43
Tabla 6: Correlaciones de parámetros fisiológicos versus producción de tubérculos con y sin estrés de sequía.....	52
Tabla 7. Contenido volumétrico en los 24 genotipos de papa expuestos a sequía.....	70
Tabla 8. Potencial hídrico en los 24 genotipos de papa expuestos a sequía	71
Tabla 9. Fluorescencia en los 24 genotipos de papa expuestos a sequía.....	72
Tabla 10. Conductancia estomática en los 24 genotipos de papa expuestos a sequía	73
Tabla 11. Contenido de clorofila en los 24 genotipos de papa expuestos a sequía	74
Tabla 12. Contenido de prolina en los 24 genotipos de papa expuestos a sequía.....	75
Tabla 13. Resiliencia en los 24 genotipos de papa expuestos a sequía.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: porcentaje relativo de contenido volumétrico de agua en el suelo en veinticuatro genotipos de papa (<i>solanum tuberosum</i>) antes y después de sequía.....	36
Figura 2: producción en veinticuatro genotipos de papa (<i>solanum tuberosum</i>) sin tratamiento de sequía.	37
Figura 3: producción de tubérculos en veinticuatro genotipos de papa (<i>solanum tuberosum</i>) después del tratamiento de sequía.....	38
Figura 4: porcentaje relativo de producción en veinticuatro genotipos de papa (<i>solanum tuberosum</i>) después de sequía.....	39
Figura 5: nivel de daño foliar por estrés de sequía, usando la metodología de escala visual.	40
Figura 6: índice de daño determinado por escala visual en veinticuatro genotipos de papa (<i>solanum tuberosum</i>) después de someterse a sequía.	41
Figura 7: nivel de daño foliar en recuperación, usando la metodología de escala visual.	42
Figura 8: índice de recuperación determinado por escala visual en veintisiete genotipos de papa (<i>solanum tuberosum</i>).	43
Figura 9: contenido de prolina en veinticuatro genotipos de papa (<i>solanum tuberosum</i>) sin sequía.	45
Figura 10: contenido de prolina en veintisiete genotipos de papa (<i>solanum tuberosum</i>) después de sequía.	46
Figura 11: porcentaje relativo de apertura estomática en 24 genotipos de papa (<i>solanum tuberosum</i>) después de sequía.....	47
Figura 12: porcentaje relativo de fluorescencia en veinticuatro genotipos de papa (<i>solanum tuberosum</i>) después de sequía.....	48
Figura 13: porcentaje relativo del contenido de clorofila en veintisiete genotipos de papa (<i>solanum tuberosum</i>) después de sequía.....	49
Figura 14: potencial hídrico en veintisiete genotipos de papa (<i>solanum tuberosum</i>) después de sequía.....	50

I. Introducción

A. Descripción

La papa (*Solanum tuberosum*) es una planta herbácea, perenne, caducifolia y tuberosa, con tallos semierectos que pueden llegar a un metro de altura (Andrade y Sherwood, 2002). Tiene hojas compuestas con 7 a 9 folios y de forma lanceolada, las cuales se dispersan de manera espiralada en los tallos y contienen tricomas en las hojas (Devaux y otros, 2010). Los tallos aéreos se originan a partir de yemas presentes en el tubérculo que es utilizado como semilla, estos tallos son herbáceos, suculentos, erectos o decumbentes (Cuesta y otros, 2002).

Esta pertenece al género *Solanum* y se caracteriza por tener tubérculos verdaderos formados al extremo del rizoma, se divide en dos subespecies: *Solanum tuberosum* (*st*) y *Solanum tuberosum andigena* (*sa*) (Rodríguez, 2009). Las diferencias morfológicas y fisiológicas entre las dos subespecies son muy pequeñas, pero una de las principales diferencias fisiológicas es que *S. t. andigena* depende de un fotoperíodo corto para llevar a cabo la tuberización (Andrade y Sherwood, 2002).

El cultivo de papa con sus parientes silvestres se distribuyen a lo largo del continente americano, desde los Estados Unidos hasta el sur de Argentina (Spooner y Hijmans, 2001). *Solanum tuberosum* es una especie originaria de la zona andina de América del Sur (Ochoa, 1999). Específicamente *S. t. andigena* es nativa de los Andes y se distribuye desde Venezuela hasta el norte de Argentina. Mientras que *S. t. tuberosum* es originaria las áreas adyacentes a Chile. En la actualidad son ampliamente cultivadas

en todo el mundo, específicamente en Asia, América del Norte y Europa. (Huamán y Spooner, 2002).

Esta planta es considerada el cuarto cultivo de mayor importancia alrededor del mundo, superado únicamente por tres cereales que son el maíz, el trigo y el arroz (Magne y García, 2015). Los tubérculos se utilizan para la alimentación humana en diversos tipos de alimentos procesados como purés, cremas, sopas, croquetas, tortillas, masas, bebidas alcohólicas como el vodka y para consumo animal (Devaux y otros, 2010).

En Ecuador, *Solanum tuberosum* es primordial por su presencia en la dieta diaria de la población, principalmente en la región interandina. Es uno de los más importantes cultivos tradicionales ya que ocupa el séptimo lugar de producción, después de la caña de azúcar, banano, palma, maíz, arroz y plátano. Su superficie sembrada llega a las 36 mil hectáreas, estando presente en 12 provincias del país (Muñoz y Andrade, 2017).

En la actualidad el cultivo atraviesa varios problemas que ponen en peligro el bienestar económico de los productores y la seguridad alimentaria del país. Esto se debe a que este factor provoca sequías prolongadas, desertificación extrema, agotamiento de fuentes de agua, lo que se refleja en una menor producción, menor ingreso económico y menor aporte alimenticio a familias del sector agronómico rural.

B. Importancia mundial del cultivo

“*Solanum tuberosum* L. es el cuarto cultivo sembrado, en más de cien países. La importancia de la papa radica en que sus tubérculos son parte de la dieta de millones de personas a nivel mundial, contiene 80% de agua y la materia seca (MS) constituida por carbohidratos, proteínas, celulosa, minerales, además son utilizadas en la industria para la producción de almidón” (Bolaños, 2015).

Este tubérculo es el cultivo más consumido a nivel mundial después del trigo, maíz y arroz, a los que supera en valor nutricional. Esta ha generado varios cambios en su

consumo a lo largo de la historia, primordialmente en los países desarrollados, ya que estos producen y consumen a nivel de tubérculos, a nivel industrial y para su comercialización. “Seis países producen cerca del 60 % de la producción mundial: China, India, Federación Rusa, Ucrania Estados Unidos y Alemania. Otros países como Perú producen el 21 % y el resto del mundo el 19%.” (OEEE, 2011)

La producción mundial del cultivo de papa es de aproximadamente 341 millones de toneladas en una superficie de 20 millones de hectáreas. La producción promedio mundial es de 8,5 t/ha, pero hay mucha variación y muchos de los países desarrollados producen más de 20 t/ha. En los países desarrollados, el consumo de papas frescas es estático, pero las papas procesadas siguen creciendo en popularidad por la comida rápida (YARA, 2019).

C. Importancia del cultivo en el Ecuador

Actualmente *Solanum Tuberosum* pertenece a uno de los principales cultivos de la economía y alimentación ecuatoriana. El informe de “Rendimientos de papa en el Ecuador 2017” muestra el nivel de productividad del cultivo a nivel nacional, en el ciclo productivo. Los resultados muestran que la productividad a nivel nacional existe un rendimiento promedio de 18.9 t/ha. Este rendimiento se debe al uso mayoritario de la semilla Superchola, la utilización de una densidad de 20,062 plantas por hectárea, con un peso de tubérculos de 989 gramos por planta, aplicación de 2 tubérculos por sitio de siembra de categoría segunda; 26 a 35 quintales por hectárea de material de siembra, y una fertilización compuesta de 0.29 ton/ha de nitrógeno, 0.51 ton/ha de fósforo y 0.30 ton/ha de potasio (MAGAP, 2018).

Por otro lado, se concluyó que el agricultor de papa cuenta con aproximadamente 47 años de edad, 7 años de educación y su principal ingreso mensual depende mayoritariamente de la producción del cultivo. Las provincias con un rendimiento superior a la media nacional son: Sucumbíos con 30 t/ha, Tungurahua con 25.7 t/ha, Carchi con 21.9 t/ha y Chimborazo con 19.2 t/ha. Por otra parte, la zona de menor productividad fue Cotopaxi con 12.3 t/ha (MAGAP, 2018). “El cultivo de papa cuenta con una superficie sembrada de 50 mil hectáreas, de donde se producen 300 mil toneladas repartidas en la alimentación de cada familia. En el país, cada persona consume un promedio de 30 Kg de papa al año.” (MAGAP, 2019).

La superficie cosechada de papa a nivel nacional en el año 2018, comparada con el año anterior habría disminuido en 4%, tendencia que cambia luego de dos períodos de crecimiento. Este decrecimiento se explica básicamente por el factor climático que fue desfavorable para los cultivos y que se caracterizó por falta de lluvias, por lo cual los agricultores enfrentaron una fuerte época de sequía que afectó los cultivos (BCE, 2019); además se ha reportado incidencia y pérdidas en el sector productivo de la papa debido a la enfermedad de “punta morada”, ya que esta ocasiona daños severos en los tubérculos, afectando su valor comercial y pérdidas en el rendimiento de la cosecha. (Bolaños , 2015)

Por otro lado, *solanum tuberosum* contienen excelentes nutrientes, se ha observado variedades con niveles muy altos de hierro, zinc y antioxidantes. Además, en el mercado se pueden encontrar productos con valor agregado, como chips u hojuelas, elaborados con papas nativas. Existen variedades de INIAP como Yana Shungo y Puka Shungo, el color de la carne de la primera es morado y del otro rosado, en la actualidad están destinados para la exportación” (MAGAP, 2019).

D. Diversidad genética

La diversidad genética hace mención a la variación hereditaria en poblaciones de determinada especie o grupo de especies (Molina, 2009). Esta diversidad les concede a las especies la habilidad de responder y adaptarse a las características o variaciones en su entorno. Esto se realiza a nivel cromosómico, donde se ejecutan recombinaciones o mutaciones que pueden dar mejores o peores características adaptativas a las siguientes generaciones” (Brack, 2000)

Esto aporta la capacidad para resistir o recuperarse de los disturbios o cambios ambientales, incluyendo cambios climáticos. La variación genética de las especies es la base fundamental de la evolución, la adaptación de las poblaciones silvestres a las condiciones locales del medio ambiente, el desarrollo de la especie animal y de las variedades de especies cultivadas han producido significativos beneficios directos para la humanidad. (minagri, s/f).

Soto, et al (2013), señalan que “En los Andes, el género está representado por ocho especies cultivadas y alrededor de 200 silvestres. La diversidad de las especies cultivadas está incluida en una serie poliploide ($2n = 24, 36, 48$ y 60), que incluye unas 4000 variedades comestibles, con alto potencial genético para el rendimiento y amplia adaptabilidad a diferentes climas, lo que le ha permitido convertirlo en uno de los cultivos de mayor importancia para la alimentación mundial”. A pesar del gran polimorfismo que existe entre las especies cultivadas de papa, estas tienen como características comunes el producir varios tubérculos, de gran tamaño y agradables al paladar (Matsubayashi ,1991), lo que las distingue de las especies silvestres, que poseen gran diversidad de caracteres y que pueden ser incorporarlos en las especies cultivadas mediante cruzamientos o manipulaciones genéticas.

Por otro lado, varios factores están asociados con la resistencia a la sequía, en la que están involucrados varios genes, por lo que el mejoramiento es lento y laborioso, ya que se requieren varios retro cruzamientos y selección recurrente; adicionalmente, se debe manejar poblaciones altas de progenies para tener la oportunidad de lograr las mejores selecciones y que sean potenciales variedades futuras (Gabriel, Magne, García, & Coca1, 2009).

E. Factores bióticos

Dentro de las principales afectaciones al cultivo de la papa se encuentran los factores bióticos y abióticos. En este caso, los primeros son “aquellos organismos vivos que interactúan con otros seres vivos” (Martinez, 2012), para este cultivo los principales son las plagas, las enfermedades y la problemática de la punta morada por *Bactericea cockerelli*. En esta problemática los métodos de manejo se pueden catalogar en: MIP, prácticas culturales, rotación, labranza, manipulaciones del suelo, fertilización, incorporación de materia orgánica, medidas sanitarias preventivas, controladores biológicos, resistencia varietal, control físico y control químico. (Sherwood & Pumisacho, 2002)

F. Factores abióticos

1. Estrés de sequía

La papa (*Solanum tuberosum L.*) se cultiva en una gran amplitud de condiciones ambientales (temperatura, precipitación, fotoperíodo y tipos de suelos); no obstante, dentro los estreses abióticos, la sequía es uno de los factores que más limita el rendimiento de este cultivo (POTATOPRO, 2014). En la presencia de sequías interactúan variables naturales como temperaturas altas, vientos fuertes y humedad relativa baja. Este estrés

afecta el crecimiento y desarrollo de la planta, alterando sus funciones en una o más de sus etapas fisiológicas. (PROINPA, 2009)

La agricultura depende de la disponibilidad de agua, cualquier cambio en el régimen de precipitaciones y en particular la sequía afecta al cultivo de la papa. Los sistemas productivos serían los más afectados, ya que dependen de las precipitaciones estacionales. Por otra parte, las implementaciones de riego en los cultivos afectados requieren una mayor inversión para productores medianos y pequeños, lo que los haría más vulnerables considerando su baja capacidad de inversión. “El efecto de la sequía sobre los rendimientos de los cultivos de secano depende del genotipo, del estado de desarrollo del cultivo y de la duración de la sequía. El incremento de las temperaturas y la sequía afectan el crecimiento vegetativo, inhiben la tuberización, tamaño y calidad del tubérculo. El período crítico a déficit hídrico es durante la tuberización y desarrollo de los tubérculos” (Medium, 2014).

2. Daños causados por sequía en papa

Muchos caracteres fisiológicos de la planta de papa (como la resistencia de los estomas, fotosíntesis, contenido de agua de la hoja y el potencial hídrico de la hoja) y morfológicos o caracteres agronómicos (como índice de área foliar, senescencia foliar, cobertura vegetal, producción de materia seca y componentes del rendimiento) son afectados por la falta de agua y podrían ser utilizados como indicadores de los efectos de la sequía en la producción de papa (Mamani & François, 2014).

Según los caracteres morfológicos, los cambios en la planta por el efecto de la sequía son: menor altura de planta, menor número de tallos, menor tamaño y número de hojas en la planta, menor cobertura foliar, menor área foliar por la pérdida de hojas, menor número de ramas, mayor flacidez de hojas y tallos, mayor arrugamiento de hojas y mayor

producción de tubérculos pequeños (Rodríguez, 2009). En el aspecto fisiológico, se produce modificaciones como la reducción de la tasa de la fotosíntesis, reducción del potencial hídrico en las hojas, mayor resistencia estomática, cambios en el ajuste osmótico y menor acumulación de materia seca en tallos, hojas y estolones. Por otro lado, la anatomía de la papa muestra un mayor desarrollo radicular y menor tamaño de los estomas. Por último, en el aspecto bioquímico las plantas acumulan prolina y existe menor producción de ácido abscísico (ABA) (Gandarillas & Ortuño, 2009).

3. Metodologías para evaluar el contenido de agua en el suelo

A. Contenido Volumétrico

En este caso se utilizó el aparato electrónico PROCHECK, que “es un dispositivo de lectura de mano para usar con todos los sensores de humedad y sensores de monitoreo ambiental” (AGROTEP, 2019). El ProCheck se usa con mayor frecuencia para verificar la humedad del suelo, pero también puede leer instantáneamente cualquier otro sensor ambiental. Presionando los botones de medición, este puede guardar hasta 5,000 lecturas individuales. Cada lectura incluye el tipo de sensor, fecha, hora, valor bruto, valor calibrado y coeficientes de calibración. Además, tiene la capacidad de calcular y mostrar la desviación promedio y estándar para mediciones portátiles recolectadas secuencialmente (ICT, 2019). En suelos saturados de agua, “los valores máximos de contenido volumétrico de agua son de $0,5 \text{ m}^3/\text{m}^3$ y en condiciones de sequía, el suelo puede llegar a $0,1 \text{ m}^3/\text{m}^3$ ” (Corrales, 2019).

4. Métodos para evaluar la tolerancia o susceptibilidad de los genotipos después del daño por sequía

B. Rendimiento

El estrés por sequía afecta el rendimiento del cultivo de papa, ya que este necesita de agua en todos sus estadios y especialmente en la tuberización. La sequía es uno de los principales factores que más limita el rendimiento de este cultivo, ya que el bajo desarrollo y capacidad de profundización de su sistema radicular, el cual se concentra en los primeros 50 cm de profundidad, limita la absorción del agua a profundidades mayores en el suelo (Bansal & Nagarajan, 1986). La primera respuesta a la sequía es la reducción de crecimiento debido a la inhibición de la expansión celular, básicamente disminuye la presión de turgor requerida para la expansión celular y consecuentemente el crecimiento de las hojas, tallos y raíces. Pero la magnitud de los efectos en los procesos fisiológicos y su consecuente impacto en los componentes del rendimiento dependen del momento de la ocurrencia del estrés por sequía. (POTATOPRO, 2014).

La tolerancia se evalúa a través de indicadores agronómicos tales como el rendimiento. Este se manifiesta como la relación de la producción total de un cierto cultivo cosechado por hectárea de terreno utilizada (Corrales, 2019). En este caso los datos fueron medidos en kilogramos por planta (kg/planta), dichos valores se recolectaron después del estrés de sequía.

C. Índice de Daño Foliar

El índice de daño foliar son valores que se proporcionan a las plantas sometidas bajo el estrés de sequía según el nivel de afectación en el que se encuentran, “este método ayuda a entender la relación entre acumulación de biomasa y rendimiento bajo condiciones de estrés” (INTAGRI, 2016).

La sequía afecta las hojas del cultivo de papa, ya que al reducir el área foliar, se altera la capacidad para captar la luz, principalmente por medio de las hojas, y en menor medida por los tallos. Según Caicedo y otros, se puede causar un efecto contrario sobre el rendimiento, ya que se genera una respuesta de compensación en la que la planta redistribuye parte de la materia seca para producir hojas nuevas, para equilibrar el daño generado por la pérdida de tejidos fotosintéticamente activos, lo que implica una posible reducción en la distribución de materia seca para los tubérculos (2010).

5. Métodos para cuantificar el estrés usando parámetros fisiológicos después del daño por sequía

A. Contenido de prolina

Las respuestas metabólicas de las plantas a la sequía son diversas y complejas, incluyendo la acumulación de sustancias que no son constituyentes normales de las células; tal es el caso de la prolina, aminoácido cuya concentración se incrementa notoriamente en condiciones de sequía (Sánchez, 2009).

Aun cuando el papel específico de la prolina no está bien definido, se establece que tiene varias funciones durante el estrés por sequía. “La acumulación de prolina se ha asociado a la estabilización tanto de proteínas como de membranas, como fuente de carbono, nitrógeno y energía durante la rehidratación celular”. (Chaman, 2014) En el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), se ha observado un incremento en la concentración de prolina a nivel de hoja en respuesta a déficit hídrico. Además, se ha reportado acumulación de prolina en hojas, tempranamente en variedades de papas susceptibles a sequía y tardíamente en variedades de papas tolerantes a sequía. (Pino, 2016)

B. Conductancia estomática

El porómetro permite medir la resistencia de transpiración, derivándola de la tasa de flujo de aire seco que pasa a lo largo de la porción foliar y que se necesita para mantener la humedad relativa del flujo de salida a una tasa de flujo determinada. El uso de este equipo permite evaluar diaria o periódicamente el comportamiento de las estomas mientras dura la sequía (Ekanayake, 1997).

Además, el cierre estomático es considerado un indicador confiable de estrés hídrico en papa, ya que es una de las primeras respuestas de la planta ante un estrés por sequía, manifestada con una reducción conductancia estomática para evitar una deshidratación por transpiración. Por otro lado, la conductancia estomática también es usada como indicador de la severidad en sequía, ya que la fotosíntesis puede ser inhibida cuando se logra valores bajos ($0.1-0.15 \text{ moles H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), que se han observado en áreas semiáridas en condiciones naturales. (Silva, 2019)

C. Fluorescencia de la clorofila

La fluorescencia de la clorofila es una técnica que se la puede utilizar para recopilar información sobre la influencia del estrés sobre el estado fisiológico del aparato fotosintético de las plantas y su respuesta será indicadora del daño o alteración en él. (Jiménez, Alvarado, & Balaguera, 2015). El cierre de los estomas es una respuesta frente al estrés de sequía. No obstante, dicho cierre se vincula con la reducción de la Fijación de CO_2 , que en escenarios de luminosidad alteran los centros de reacción del fotosistema II (PSII) (Ghobadi et al., 2013).

La sobreexcitación de este fotosistema y desperfectos en el sistema fotosintético, hace que la energía que no toma la vía fotoquímica pueda ser disipada como calor y como fluorescencia (Tambussi, 2010). Esta distribución de la energía en los tres procesos ocurre

simultáneamente, de tal manera el aumento en la eficiencia de uno de ellos implicará en la disminución de los otros dos (González, 2009). Por lo que, a través de la medición del rendimiento de la fluorescencia de la clorofila se puede obtener información de la eficiencia fotoquímica y la disipación térmica de la energía absorbida.

Por otro lado, medir la fluorescencia en los tejidos más verdes da información acerca del estado de los fotosistemas, el curso del transporte de electrones y la formación del gradiente de protones requerido para formar ATP (Larcher, 2003). Asimismo, el PSII podría contribuir a una elevada tolerancia a la sequía y la capacidad de recuperación que puede depender de la especie o cultivo. Es por esto, que es considerada una herramienta útil para cuantificar efectos del estrés sobre el performance fotosintético y es aplicable en condiciones de campo. (Silva, 2019)

D. Contenido de clorofila

Es el contenido relativo de pigmentos fotosintéticos medido con un equipo de desarrollo analítico de suelos y plantas (soil plant analytical development, SPAD). El análisis de las clorofilas da a conocer el estado de desarrollo de la planta y permite la determinación del estado fisiológico de la planta, con lo cual se puede detectar posibles estreses (Lozano, 2015).

Según Rolando, et al (2015), hay un aumento de la concentración de clorofila a + b (verdor) después de la restricción de agua. Por otro lado, el aumento de verdor de las plantas estresadas coincide con una cesación de la expansión de la hoja. Además, se encontró un mayor aumento del verdor en los genotipos más susceptibles a la sequía. Bajo restricción de agua, una menor tasa de pérdida de clorofila se relacionó con un mayor rendimiento final.

E. Potencial Hídrico

El potencial de agua es un parámetro muy sensible para determinar el estrés por sequía en las plantas (Caicedo, Tellez, & López, 2010), empleando el método de la cámara de Sholander, se pueden observar valores que representan la presión a la cual la savia fluye por el extremo cortado. En este caso, los resultados de presión registrados en Bares, muestran que se necesita una mayor presión conforme la sequía avanza en el transcurso de los días de tratamiento. Este fenómeno se debe a que “las plantas son capaces de regular la apertura y cierre de estomas, y de esa manera se puede percibir una resistencia estomatal. La falta de agua en el suelo induce el cierre de estomas, lo que a su vez reduce la transpiración y la hidratación de las hojas.” (Ekanayake, 1997)

II. Justificación

El cultivo de la papa, *Solanum Tuberosum* es una de las principales actividades agrícolas realizadas en la sierra Andina del Ecuador, ya que tiene gran influencia en la generación de ingresos y a que sus tubérculos pertenecen a la dieta diaria de la población (MAGAP, 2018). Los productores de papa deben enfrentarse no sólo a las plagas y enfermedades sino también a problemas abióticos.

“El estrés por sequía es el factor biológico que afecta en mayor proporción la producción mundial de cultivos” (CIP,2010). Este cultivo se ha incrementado en los últimos años debido a la creciente demanda de la población, lo que ha obligado a varias instituciones a desarrollar nuevas alternativas tecnológicas en la papa. Por otro lado, la sequía, limita el crecimiento y la productividad del cultivo, la papa es una especie sensible a este problema, para su desarrollo requiere de agua en todos sus estadios de desarrollo, sobre todo en la formación de tubérculos. Sin embargo, “por constituirse en un cultivo de

gran expansión, los investigadores han identificado genotipos con resistencia a la sequía. En estas condiciones, la interrelación genotipo por medio ambiente es alta” (Bonilla, 2009).

Así mismo, los desequilibrios climáticos del globo terrestre, determinan ecosistemas cada vez más frágiles. Bajo estas condiciones climáticas varias zonas en el Ecuador son más susceptibles a la sequía, situación que estimula la búsqueda de genotipos de papa con tolerancia al estrés hídrico, que podría producir variedades que permitan asegurar la alimentación de la población. Las sequías prolongadas de la sierra afectan el nivel de producción de este cultivo en varias provincias del Ecuador. Por lo tanto, se ha visto conveniente determinar cuáles son los genotipos más tolerantes al estrés por sequía. (Ceccarelli, 1984) menciona, que, para enfrentar el problema de sequía, existen dos soluciones: optimizar el uso de agua o generar variedades genéticamente resistentes y/o tolerantes a sequía. “La opción concerniente al manejo del agua se aplica específicamente para cultivos bajo riego. En cambio, para las áreas que presentan sequía, se contaría únicamente con la opción genética que permitiría lograr rendimientos estables en condiciones de ambientes contrastantes” (Gabriel y otros, 2010). Para la obtención de variedades resistentes y/o tolerantes a sequía se requiere del uso de germoplasma con estas características.

Además, La papa constituye uno de los rubros más importantes de los sistemas productivos de la serranía ecuatoriana, se considera una fuente importante de alimentación e ingresos de las familias campesinas (Andrade y Sherwood, 2002). En Ecuador para el cultivo de papa participan mayoritariamente pequeños y medianos productores, con fincas de hasta 20 hectáreas y representa el 88% de los cultivadores de papa y el 12% restante pertenece a productores con superficies mayores a 20 hectáreas, considerados como grandes productores (Maldonado y Suárez, 2016).

Es por esto que ante la progresiva influencia del cambio climático y debido a que la actual base genética de la papa presenta insuficiente variabilidad, se hace necesario identificar materiales genéticos con resistencia o tolerancia a sequía. De esta manera, a través de un plan de mejoramiento genético, se podría incrementar la eficiencia del uso del agua del cultivo y al mismo tiempo, permitiría aumentar el área de siembra en zonas no aptas. Es por ello que, con el objetivo de evaluar el material genético tolerante se evaluó el comportamiento de veinticuatro genotipos de papa bajo condiciones de sequía.

III. Objetivo General

Evaluar veinticuatro genotipos de papa (*Solanum tuberosum*) por su rendimiento y respuestas fisiológicas ante el estrés de sequía

IV. Objetivos Específicos

Determinar la tolerancia y susceptibilidad de los 24 genotipos de papa ante el estrés de sequía.

- Evaluar el rendimiento de los genotipos expuestos al estrés de sequía.
- Establecer el nivel de daño mediante una escala visual, potencial hídrico, fluorescencia, clorofila, contenido volumétrico y prolina.

V. Hipótesis

El estrés de sequía bajo condiciones controladas ocasionara distintos niveles de daño en los veinticuatro genotipos de papa (*Solanum tuberosum*).

VI. Metodología

A. Material vegetal

El germoplasma fue obtenido por medio del banco del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Los tubérculos de cada genotipo en este ensayo fueron previamente propagados en distintas localidades y cosechados. Posteriormente se los clasificó, en donde se diferenció las semillas en tres categorías: Grande – Mediana – Pequeña. Los veinticuatro genotipos sometidos al estrés de sequía se dividieron en tres bloques distintos, en los cuales el material vegetal se encontraba en la misma etapa fisiológica, condiciones germinativas y capacidad de tuberización (Ramos, 2018). Dichos genotipos, se conformaron por las siguientes variedades comerciales: Estela, Josefina, Libertad, Natividad, Puca Shungo, Super Chola, Victoria y Yana Shungo; y las siguientes líneas promisorias obtenidas de programas de mejoramiento de INIAP: 07-32-15, 07-40-1, 07-46-8, 12-4-45, 12-4-72, 12-4-145, 12-6-29, 380496,2, 399002, 52, 399062-115, 399079,27, 399090,15, 97-25-3, 98-2-6 y 98-38-12.

B. Localización del ensayo

El estudio se efectuó en la parroquia el Chaupi del cantón Machachi al sur de la provincia Pichincha, en la Hacienda “El Prado” ubicada a 2945 msnm. En este sector, la temporada de lluvia es nublada y la temporada seca es parcialmente nublada. “La temperatura generalmente varía de 8 °C a 18 °C y rara vez baja a menos de 6 °C o sube a más de 20 °C (SNI, 2019) . Por otro lado, la ubicación del estudio fue crucial en cuanto a la facilidad

de obtener insumos, acceso vehicular, movilización y suplir necesidades básicas como luz y agua.

C. Material de siembra

Para la siembra de la semilla de los distintos genotipos se utilizó tierra negra proveniente de la misma hacienda, esta tierra se esterilizó en tanques, los cuales contenían tres partes de tierra y una de agua, en los cuales mediante cocción durante un período de ocho horas se obtuvo tierra estéril. Consecuentemente, se implementó esta tierra en fundas plásticas con una capacidad de cinco litros, después se colocó un tubérculo por funda a una profundidad de ocho centímetros. Se sembraron 22 tubérculos en fundas plásticas por cada genotipo, de los cuales se utilizó 12 para experimentación al estrés de sequía y 10 como control (Corrales, 2019).

D. Manejo del cultivo (riego, nutrición y control de plagas y enfermedades)

En la etapa de crecimiento de los tubérculos, el riego se incorporó tres veces a la semana con el objetivo de mantener las fundas plásticas con una cantidad adecuada de humedad para el desarrollo y crecimiento del material vegetal (Ceccarelli, 1984). Por otro lado, la fertilización se realizó con (N-P-K), incorporando 10 g por funda plástica. En el caso de los controles para plagas y enfermedades, se utilizó agroquímicos dependiendo de la incidencia, en este caso principalmente en contra de *Phytophthora infestans*, *Epitrix* spp, *Premnotrypes vorax* y contra posibles vectores de punta morada (Ramos, 2018). Para esto, las aplicaciones se realizaron cada 10 días en época lluviosa y cada 15 días en época seca.

E. Condiciones del experimento

1. Etapa fenológica

Las plantas se sometieron al estrés por sequía cuando presentaban alrededor de sesenta días de edad, y se observó la etapa de floración para ser inducidas a este estrés. El motivo por el cual se escogió esta etapa fenológica en las plantas, es que en la experimentación se necesitó evaluar la parte foliar de los genotipos con las distintas metodologías de análisis, además esta etapa es fundamental para poder determinar el comportamiento del cultivo de papa en cuanto al rendimiento y su afectación por el estrés de sequía (Kesiime, 2016)

2. Exposición al estrés de sequía y recuperación

En este estudio se incorporó un invernadero de 120 m², el cual fue construido con madera y polietileno de baja densidad (LDPE), en este se incorporó los distintos genotipos con el fin de iniciar el estrés por sequía y que las plantas no se vean afectadas por factores climáticos como lluvia, viento y temperatura. La ubicación de las plantas dentro del invernadero se dividió en dos categorías, en un lado las plantas (control) las cuales se les suministraba agua normalmente, y por otro lado las plantas (tratamiento) las cuales el suministro de agua fue suspendido totalmente (Corrales, 2019). Debido a que el espacio del invernadero fue limitado, se decidió dividir los tratamientos en 3 bloques, incorporando 8 genotipos en cada uno y así poder evaluar los 24 genotipos en total.

El nivel de daño causado por la sequía se midió cada cuatro días, por lo tanto, la toma de datos se realizó en los días 0, 4, 8, 12, y 16 con el fin de observar los cambios morfológicos y el daño en las plantas conforme la sequía avanzaba (Ramos, 2018). Por otro lado, para que todos los tratamientos sean homogéneos se utilizó el dispositivo PROCHECK, que midió el contenido volumétrico del agua en el suelo en m³/m³ en el cual se verificó que por lo menos el 80% de las plantas sometidas al estrés arrojen valores de

0,130 m³/m³, este valor permitió verificar que las muestras de suelo perdieron alrededor de un 70% de agua y que el tratamiento de sequía se debe detener y empezar a medir los parámetros fisiológicos.

Todos los genotipos sometidos al estrés atravesaron el mismo procedimiento:

1. Exposición al estrés, 2. Recuperación y 3. Evaluación, el cual se muestra a continuación
- 12 plantas para control y 12 plantas para tratamiento se introdujeron dentro del invernadero.
- La toma de datos se dividió a los 0, 4, 8, 12 y 16 días, en los cuales se evaluó los distintos parámetros fisiológicos: Potencial Hídrico, Conductancia Estomática, Fluorescencia, Contenido de Clorofila y se recolectó las muestras para la valoración del contenido de prolina.
- Posteriormente, se observó los datos del dispositivo ProCheck para detener el estrés de sequía y proceder a la toma de fotografías de las plantas control y de las plantas tratamiento, esto con el objetivo de poder valorarlas con el método de daño de escala visual.
- Al finalizar el estrés por sequía, se procedió a irrigar las plantas a capacidad de campo, aproximadamente 3 días después se tomó las fotografías de estas para poder evaluarlas mediante la escala de daño visual.

F. Metodología de evaluación

1. Contenido volumétrico del agua

El contenido volumétrico del agua mide de manera porcentual la humedad del suelo. (Lincoln & Morgan, 2013). Existen diferentes maneras para medir la cantidad de agua en el suelo, utilizando sensores, métodos directos o métodos de laboratorio. Sin embargo, en

este estudio se midió a través del dispositivo electrónico “ProCheck”, este permitió verificar los valores de pérdida de agua ante el estrés por sequía, donde se buscó que por lo menos el 80% de las unidades experimentales haya perdido alrededor de un 60 a 70% de agua en el transcurso de los 16 días de ensayo, que se reflejaría con valores de aproximadamente 0,130 m³/m³, al comprobar dicho valor se procedió a la toma de datos con las distintas metodologías para la evaluación de respuestas fisiológicas. Para evaluar el contenido de humedad presente en el suelo se debe presionar la tecla OK, una vez calibrado el dispositivo se incorpora las agujas de acero dentro del suelo y los datos aparecen inmediatamente (Corrales, 2019).

2. Rendimiento obtenido

La cosecha de los tubérculos se realizó a los cuatro meses (120 días) después de la siembra y a los 2 meses (60 días) después del tratamiento por sequía. El rendimiento se registró en esos períodos, ya que en esa etapa fenológica se reporta mayor desarrollo de los tubérculos. Por otro lado, para poder registrar los valores del rendimiento se pesó la producción en balanzas y se midió la producción de cada genotipo en kilogramos por planta. Es así como se obtuvo dos categorías: rendimiento de las plantas bajo el estrés de sequía y rendimiento de las plantas control (Ramos, 2018).

3. Daño foliar mediante la escala de daño visual

El daño foliar de los veinticuatro genotipos de papa se midió a través de la siguiente tabla de escala de daño visual descritas por Bamberg y Vega (1995):

Tabla 1. Escala de Daño Visual

Valores asignados (registro de marchitamiento y recuperación)	Porcentaje de área foliar turgente	Sintomatología
--	---	-----------------------

9-8	>90	80	Todas las Hojas Turgentes
7-6	70	60	Hojas inferiores Marchitas
5-4	50	40	Medio Inferior Marchita
3-2	30	20	Hojas altas todavía turgentes
1-0	10	0	Completamente Marchita/Necrosis

Bamberg y Vega (1995)

Adicionalmente, para recopilar los datos, se llevó un registro de fotografías que permitían observar el nivel daño de los distintos genotipos expuestos al estrés de sequía.

4. Contenido de prolina

Según Carrillo et al. (2011), el contenido de prolina se puede medir mediante el siguiente proceso:

1. Se tomó en campo tres muestras de las hojas por planta, de la parte superior, medía e inferior. Se los introdujo en tubos falcón y se les congeló con nitrógeno líquido para ser transportados al laboratorio.
2. Tales muestras se trituraron hasta que se tornaron en polvo y se las desinfectó con alcohol al 70%.
3. Las muestras se pesaron en una balanza analítica y se registró el valor en gramos. En base a este peso, se determinó la cantidad de etanol al 40% que se le debía

agregar a la muestra. Debido a que existió diferentes rangos de pesos se utilizó la siguiente tabla:

Tabla 2. Cantidad de Etanol según el peso de las muestras

	Peso	Valores
A.	$\leq 30,0$	Se incorporó el valor del peso* 50 μL de Etanol (40%)
B.	$>30,0$ o ≤ 50	Se incorporó el valor del peso* 30 μL de Etanol (40%)
C.	>50 o ≤ 90	Se incorporó el valor del peso* 20 μL de Etanol (40%)

4. Se dejó reposar las muestras en etanol al 70% por 48 horas, una vez asentado el material vegetal se extrajo 50 μL del etanol ubicado en la superficie, después a esto se agregó en tubos falcón.
5. Se preparó un “Reaction Mix” que es una solución que contiene lo necesario para la PCR, está compuesta por 1 gr de Nianidrina, 60 ml de Ácido Acético, 20 ml de Etanol con una concentración al 96-98% y 20 ml de Agua Destilada. Se agregó 100 μL de Reaction Mix un tubo falcón de 50 μL .
6. Las muestras se introdujeron en un termociclador por 20 minutos a 95°C, donde se observó la intensidad del color en las muestras debido a la presencia de nianidrina.
7. Se extrajeron 100 μL de la placa de PCR, para poner en una nueva placa que iba a introducirse al lector de ELISA. Este equipo arrojó valores cuantitativos en base a la muestra y el color individual de cada una.
8. Los valores arrojados por el lector de ELISA, fueron transformados a $\mu\text{mol.g}^{-1}$. Con esta transformación se pudo saber la

concentración de prolina de cada muestra. Para la transformación de unidades, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Prolina} \left(\frac{\text{nmol}}{\text{mg peso seco}} \text{ o } \frac{\mu\text{mol}}{\text{g peso seco}} \right) = \left(\frac{\text{Absorbancia de Muestra} - \text{Absorbancia Blanco}}{\text{Pendiente}} \right) * \left(\frac{\text{Volumen del extracto}}{\text{Volumen del Ensayo}} \right) * \left(\frac{1}{\text{Masa de Muestra (mg)}} \right)$$

Donde:

- Absorbancia de la Muestra = Promedio de la absorbancia de las repeticiones.
- Absorbancia del Blanco = Promedio de la absorbancia de las repeticiones del blanco (se acostumbra a poner blancos en cada placa, es decir una columna de la placa solo de blancos. Se obtiene restando el blanco de las otras absorbancias de la misma placa. Cada placa tendrá un blanco diferente).
- Pendiente = Se calculó con la curva de calibración.
- Volumen del Extracto = Volumen total de etanol al 40% que se colocó para extraer en microlitros (μL).
- Volumen del Ensayo = El mismo valor que se agrega en el tubo falcón, en este caso siempre fue $50 \mu\text{L}$.
- Masa de muestra = La masa que se utilizó inicialmente para la extracción en miligramos (Cabassa et al., 2010).

En este caso, se realizó con 8 unidades experimentales para cada uno de los 24 genotipos.

5. Conductancia estomática

La pinza del Porómetro, que incorpora una cámara con un recorrido de difusión conocido, se puso en la superficie de una hoja completamente expandida de las plantas que se marcaron como representativas para el daño de sequía, y a continuación se comienza a medir la presión de vapor entre dos puntos de esta trayectoria, para calcular el flujo y el gradiente con las medidas de presión de vapor y conductancia de difusión conocida (Patrice & Slatyer, 2003). Esta medición se realizó en cuatro unidades experimentales en cada uno de los 24 genotipos de papa.

6. Fluorescencia de la clorofila

Para la medición de fluorescencia, las hojas se adaptaron previamente a la oscuridad durante 10-30 minutos. Para este fin, los fluorómetros tienen pinzas de medición en la oscuridad que permiten, después del tiempo de aclimatación, medir la fluorescencia en la superficie de la hoja. De igual modo se escogió una hoja completamente expandida, los valores recopilados se encontraron en FV/O y FV/M, “dónde FV/O es el nivel mínimo de fluorescencia y FV/M es el máximo nivel de fluorescencia” (Pino, 2016) para esta medición se utilizaron ocho unidades experimentales en cada genotipo.

7. Contenido de clorofila

El proceso de esta medición se realiza calibrando el dispositivo e incorporando una hoja completamente expandida en la pinza del SPAD hasta que se prenda la pantalla de inicio, instantáneamente aparecen los valores y se los registra, estos se reflejan en niveles de absorbancia en los espectros azul y rojo (nm). (Corrales, 2019)

8. Potencial Hídrico

Para el uso de la cámara de Sholander y ver el potencial hídrico, se realizó el

siguiente procedimiento: Primero se verificó que la pantalla digital marque 0. Después, se tomó un tallo de una hoja completamente expandida y que sea representativa en el aspecto físico (daño y estado), este tallo se introdujo en la tapa de recepción de muestra y luego se cerró (Clinton, 1990). Posterior a esto, se abrió la válvula de presión y se observó con una lupa la salida de agua del tallo, cuando se visualizó la salida de la primera gota de agua, se anotó el valor dado en ese punto. Finalmente se abrió la válvula para que desfogue el aire comprimido y se sacó la tapa con la muestra (Ekanayake, 1997). Dado que el proceso de medición en este equipo necesita mayor tiempo, se utilizaron tres unidades experimentales por cada genotipo de papa (Corrales, 2019)

VII. Resultados

A. Porcentaje relativo de contenido volumétrico de agua en el suelo antes y después de sequía.

Los genotipos se evaluaron antes del tratamiento (sequía) y después del mismo, para homogenizar el estado de sequía entre los lotes, se utilizó el equipo Pro-Check el cuál determinó el contenido volumétrico de agua en el suelo en unidades de m^3/m^3 . En este caso, se encontró que los genotipos con mayor porcentaje de contenido volumétrico en el día 16 y que se encuentran entre 40% y 30 % fueron: Victoria, 07-40-1, 380496,2, 97-25-3, 399062-115 . Por otro lado, los genotipos que tuvieron un porcentaje relativo de agua en el suelo intermedio entre 30% y 20 % fueron: Estela, Yana Shungo, 98-2-6, 12-6-29, 399075-26, 399090,15, 07-32-15, Josefina, Libertad, Superchola, 07-46-8, 12-4-145, Natividad, 399002,52 y Puca Shungo. Por último, los genotipos con valores más bajos menores al 20% fueron: 12-4-72, 12-4-45, 399070,27 y 98-38-12.

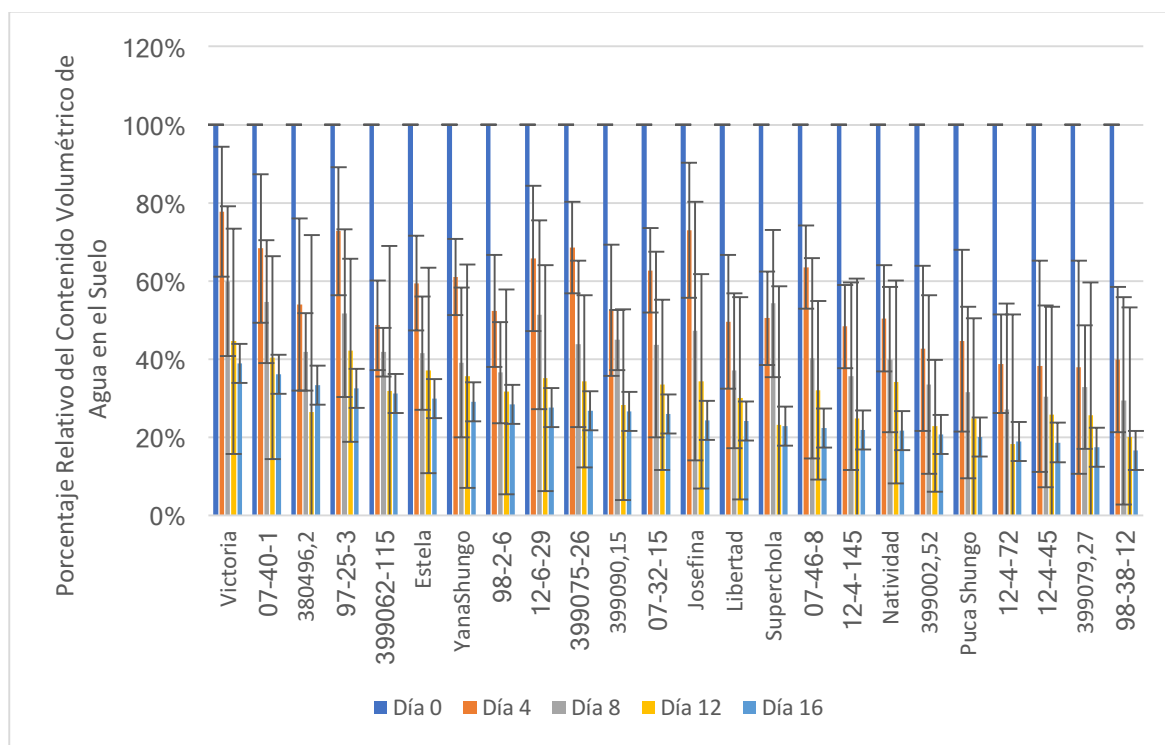


Figura 1: Porcentaje relativo de contenido volumétrico de agua en el suelo en veinticuatro genotipos de papa (*Solanum tuberosum*) antes y después de sequía (n=9)

B. Rendimiento de plantas Antes y Después de rendimiento de sequía

1. Producción sin estrés

Este es uno de los parámetros que determina la tolerancia o susceptibilidad de los genotipos evaluados. En la figura 2, se observa la producción de papa sin estrés de sequía, entre rangos de 0 a 2,0 kg por planta. Los genotipos que mayor producción obtuvieron fueron: 12-6-29, 07-46-8, Josefina, Yana Shungo, Libertad y Victoria, superando el 1 kilogramo por planta. En contraste, los genotipos menores al kilogramo son: Puca shungo, 07-32-15, 399090,15, 98-38-12, 12-4-45, Superchola, 399079,27, 399062,115, 12-4-72, 380496,2, 399075,26, Estela, 12-4-145, 07-40-1, 97-25-3, 399002,52, 98-2-6 y Natividad.

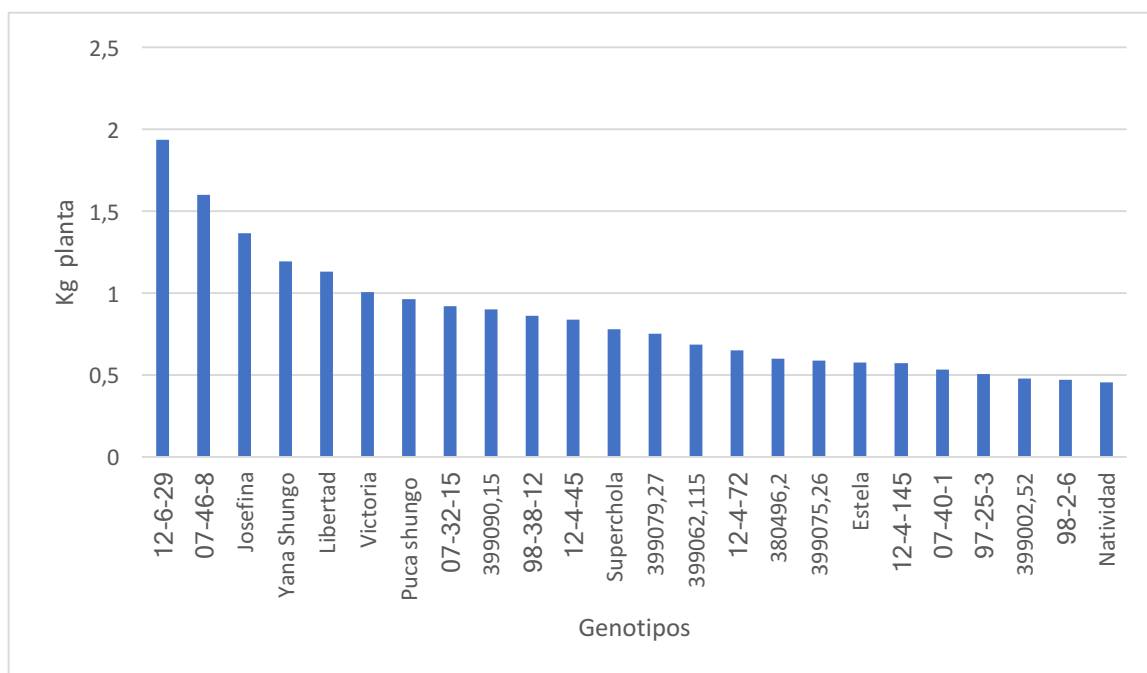


Figura 2: Producción en veinticuatro genotipos de papa (*Solanum tuberosum*) sin tratamiento de sequía (n=5).

2. Producción de tubérculos de papa (kg por planta) después del estrés de sequía.

En la figura 3 se muestra la producción neta en kg por planta de los genotipos evaluados después del estrés de sequía, en el cual los que obtuvieron los valores más altos superando los 0,5 kilogramos fueron: 399075,26, 07-46-8, 12-6-29, Josefina, Superchola, Puca Shungo, 399079,27, Libertad y 380496,2. Mientras las restantes se encontraron por debajo de los 0,5 kilogramos fueron: 399090,15, 98-2-6, 12-4-145, 97-25-3, 07-32-15, Yana Shungo, 12-4-45, 98-38-12, 12-4-72, 399002,52, Victoria, Estela, 399062,115, 07-40-1y Natividad (N=5).

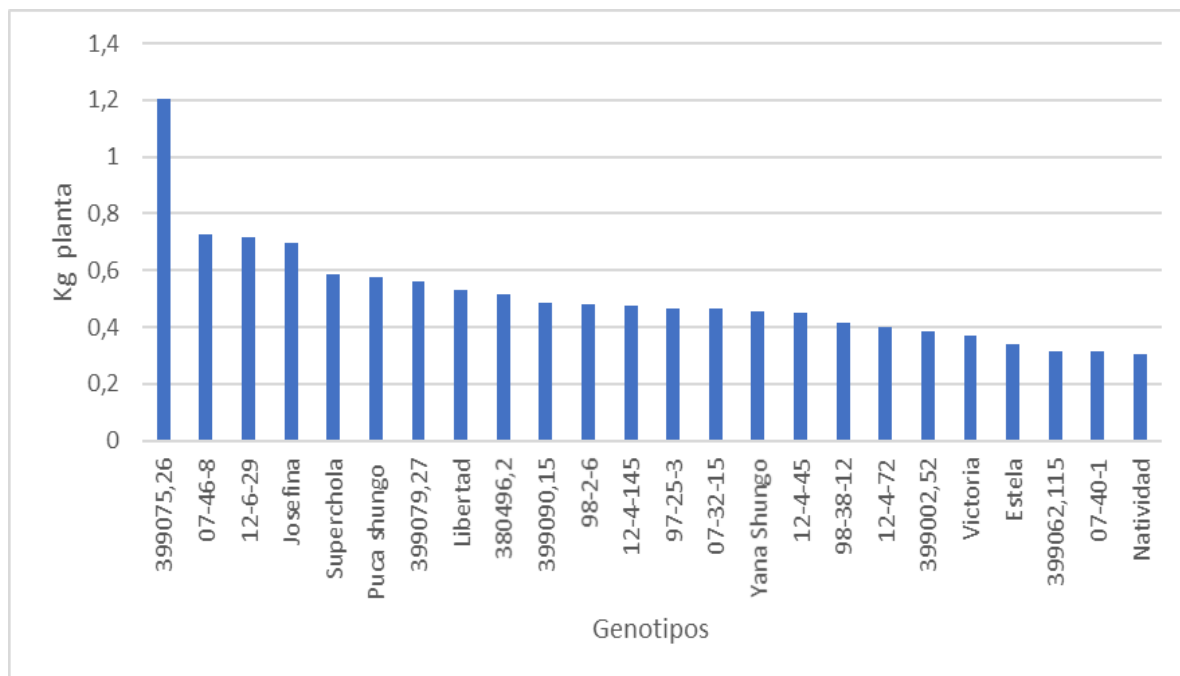


Figura 3: Producción de tubérculos en veinticuatro genotipos de papa (*Solanum tuberosum*) después del tratamiento de sequía. (n=5)

3. Porcentaje relativo de producción de tubérculos de papa antes y después del estrés de sequía.

La figura 4 presenta el porcentaje de producción relativa de los veinticuatro genotipos de papa después del estrés de sequía. Los genotipos con valores más altos superiores al 60 % son: 399075,26, 98-2-6, 97-25-3, 380496,2, 12-4-145, 399002,52, Superchola, 399079,27, Natividad y 12-4-72. Por otro lado, los genotipos entre 30 y 40 % son: Puca shungo, Estela, 07-40-1, 399090,15, 12-4-45, Josefina, 07-32-15, 98-38-12, Libertad, 399062,115, 07-46-8, Yana Shungo, 12-6-29 y Victoria.

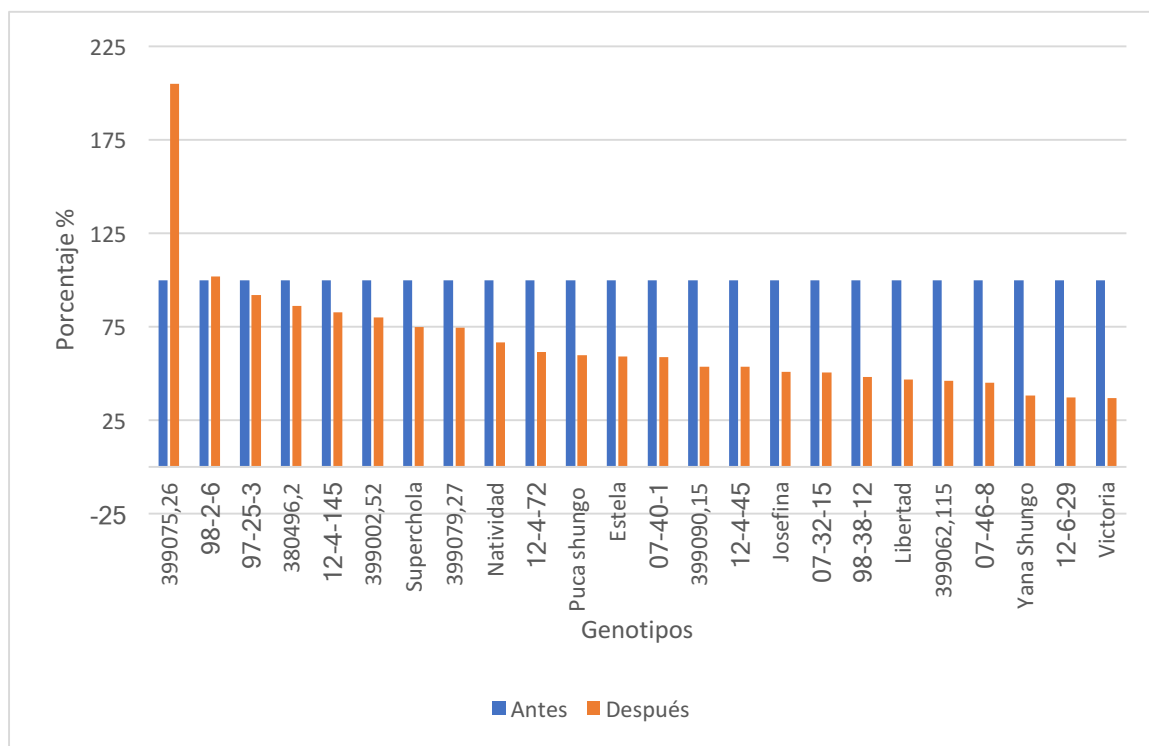


Figura 4: Porcentaje relativo de producción en veinticuatro genotipos de papa (*Solanum tuberosum*) después de sequía(n=5).

C. Nivel de daño foliar después del estrés de sequía en veinticuatro genotipos de papa

































































Por medio de la escala de daño visual se pudo clasificar el daño foliar en el que se encontraron los genotipos después del estrés por sequía. Del mismo modo, se logró observar el nivel de recuperación que tienen las diferentes plantas al culminar el estrés. En la figura (5), se observa las variedades comerciales con fotos de las plantas en control y en sequía. En esta se observa el comportamiento de los genotipos evaluados antes y después de la sequía. La variedad con mayor daño foliar fue Estela, mientras que la que presenta menor daño fue Josefina. Las fotografías fueron tomadas durante el día en el que se finalizaba el estrés por sequía.

A continuación, se muestra la figura (6) en la cual se presenta el porcentaje de daño visual en todos los genotipos evaluados después del estrés por sequía. Los que presentan una

turgencia \leq al 55% son: Josefina, Libertad, 12-4-45, 12-6-29, 399090,15 y 399002,52.

En contraste, los que se encontraron entre 55 y 80 % son: 380496,2, Puca Shungo, 399079,27, 98-38-12, 12-4-72, Yana Shungo, Natividad, 98-2-6, 12-4-145, Súper Chola, 07-46-8, 399062-115, Estela, Victoria, 07-40-1, 97-25-3, 07-32-15 y 399075,26.

Figura 5: Nivel de daño foliar por estrés de sequía, usando la metodología de escala visual.

	Control				Sequía			
	PLANTA 1	PLANTA 2	PLANTA 3	PLANTA 4	PLANTA 1	PLANTA 2	PLANTA 3	PLANTA 4
Estela								
Josefina								
Libertad								
Natividad								
Puca Shungo								
Super Chola								
Victoria								
Yana Shungo								

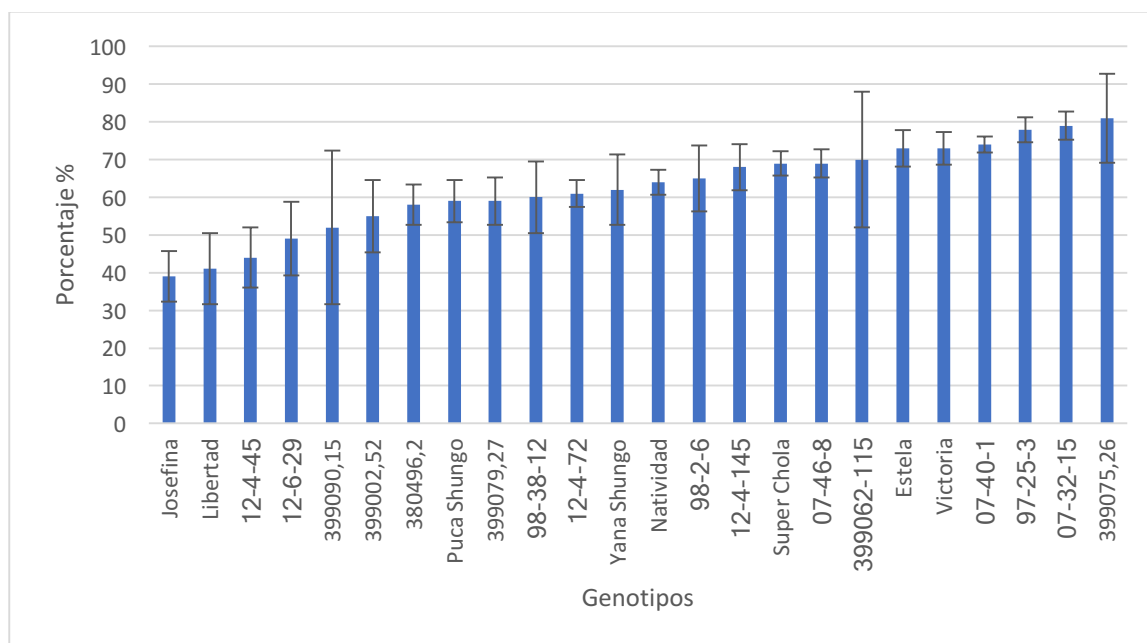


Figura 6: índice de daño determinado por escala visual en veinticuatro genotipos de papa (*Solanum tuberosum*) después de someterse a sequía (n=10)

2. Nivel de daño foliar después de la recuperación a sequía en 24 genotipos de papa

En la figura (7) se presenta de nuevo las variedades comerciales con el porcentaje de recuperación, los resultados mediante la escala muestran que la variedad Victoria es la que presenta una mayor recuperación, mientras que libertas presenta el índice más bajo. Las imágenes se tomaron en cuanto se finalizó el estrés por sequía, en los días posteriores los genotipos evaluados fueron regados con agua a capacidad de campo para su recuperación.

En la figura (8) se muestra el porcentaje de recuperación de los 24 genotipos de papa durante la sequía en el período de recuperación. La valoración para estos datos se la obtuvo a partir de la escala de daño visual. Por lo tanto, los genotipos que se encuentran en un rango menor o igual al 70 % son: 399002,52, Natividad, Yana Shungo, 98-2-6, 399090,15, 380496,2 y Libertad. En contraste, los genotipos con un rango de recuperación entre 70 y 80 % son: Súper Chola, 399079,27, 399062-115, 12-4-72, 98-38-

12, 12-4-45, Puca Shungo y Josefina. Por último, los genotipos que se encuentran con un porcentaje de recuperación entre el 80 y 90 % son: 07-46-8, 399075,26, 07-32-15, 12-4-145, Victoria, 97-25-3, 12-6-29, Estela y 07-40.

	Sequía				Recuperación			
	PLANTA 1	PLANTA 2	PLANTA 3	PLANTA 4	PLANTA 1	PLANTA 2	PLANTA 3	PLANTA 4
Estela								
Josefina								
Libertad								
Natividad								
Puca Shungo								
Superchola								
Victoria								
Yana Shungo								

Figura 7: Nivel de Daño Foliar en Recuperación, usando la Metodología de Escala Visual.

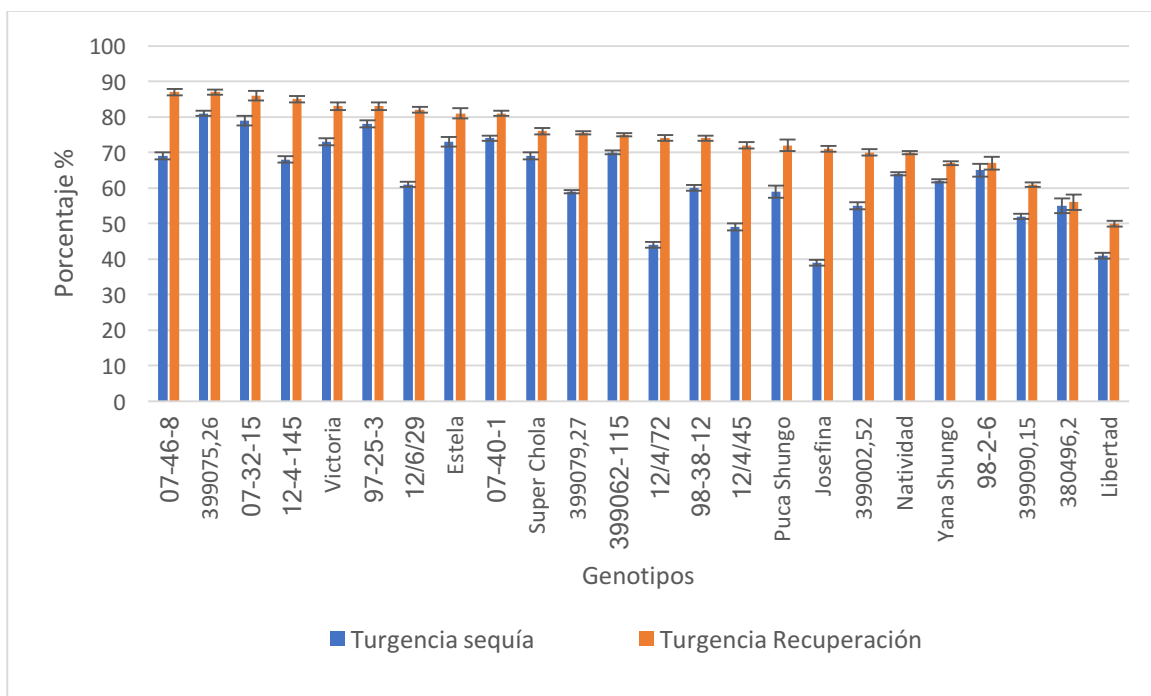


Figura 8: Índice de recuperación determinado por escala visual en veintisiete genotipos de papa (*Solanum tuberosum*) (n=10)

D. Valoración de tolerancia o susceptibilidad en los veinticuatro genotipos

Los valores que componen la tolerancia o susceptibilidad se basaron en el rendimiento y en la escala de daño visual en sequía. En la siguiente tabla se puede ver el régimen que se utiliza para clasificar las plantas de la siguiente manera: Tolerantes, Medianamente Tolerantes y Susceptibles.

Tabla 3: Ponderación usada para Rendimiento

Clasificación	Valor	Kg/Planta
Tolerantes	2	0,3 - 0,4
Medianamente Tolerantes	1	0,15 - 0,3
Susceptibles	0	< 0,15

Iván y Suárez, 2009

Tabla 4: Ponderación usada para Escala de Daño Visual (Sequía)

Clasificación	Valor	Rango (% Turgencia)
Tolerantes	2	≥ 70 %
Medianamente Tolerantes	1	55 - 69 %
Susceptibles	0	≤ 55 %

Bamberg y Vega (1995)

Por último, la tabla 5 muestra los resultados de la ponderación en los veinticuatro genotipos, los cuales se basaron en el rendimiento y daño visual ante el tratamiento de sequía. Los resultados se diferenciaron del siguiente modo:

- Tolerantes: 4
- Medianamente tolerantes: 3

- Susceptibles: 2
- Muy susceptibles: <= 1

Los valores obtenidos manifiestan lo siguiente: genotipos tolerantes: 399075,26, 07-32-15, 97-25-3, Victoria, 07-46-8, 12-4-45, 12-4-14, 98-38-12, 399079,27 y 399002,52. En contraste, las más susceptibles son: 98-2-6, Natividad, Yana Shungo, Puca Shungo, 380496,2, 399090,15 y Libertad.

Tabla 5. Valoración del rendimiento y daño foliar después del estrés de sequía de los veinticuatro genotipos de papa

Estrés por sequía			
Genotipo	Rendimiento (Kg / planta)	Turgencia Sequía (%)	Total
399075,26	2	2	4
07-32-15	2	2	4
97-25-3	1	2	3
Victoria	1	2	3
07-46-8	2	1	3
12-4-45	2	1	3
12-4-145	2	1	3
98-38-12	2	1	3
399079,27	2	1	3
399002,52	2	1	3
07-40-1	0	2	2
Estela	0	2	2
399062,115	0	2	2
Superchola	1	1	2
12/6/29	2	0	2
12/4/72	2	0	2
Josefina	2	0	2
98-2-6	0	1	1
Natividad	0	1	1
Yana Shungo	0	1	1
Puca Shungo	0	1	1
380496,2	0	1	1
399090,15	0	1	1

Libertad	0	0	0
----------	---	---	---

E. Evaluación del contenido de prolina

1. Contenido de prolina sin estrés

En la figura 9 se puede observar el contenido de prolina en los 24 genotipos de papa sin el estrés de sequía, los resultados se reflejan en $\mu\text{mol per g}^{-1}$. Los valores manifiestan que los genotipos con valores de prolina más altos, que superan el valor de $2,5 \mu\text{mol. g}^{-1}$ son: Súper Chola, 98-38-12, 399079,27, 98-2-6 y 380496,2. Por otro lado, los valores más bajos, menores a $2,5 \mu\text{mol. g}^{-1}$ son: 07-40-1, 399062,115, Estela, 12-4-72, 399090,15, Puca Shungo, 07-46-8, 97-25-3, 12-4-45, 399075,26, Yana Shungo, 12-6-29, 07-32-15, Natividad, 12-4-145, Josefina, Victoria, 399002,52 y Libertad.

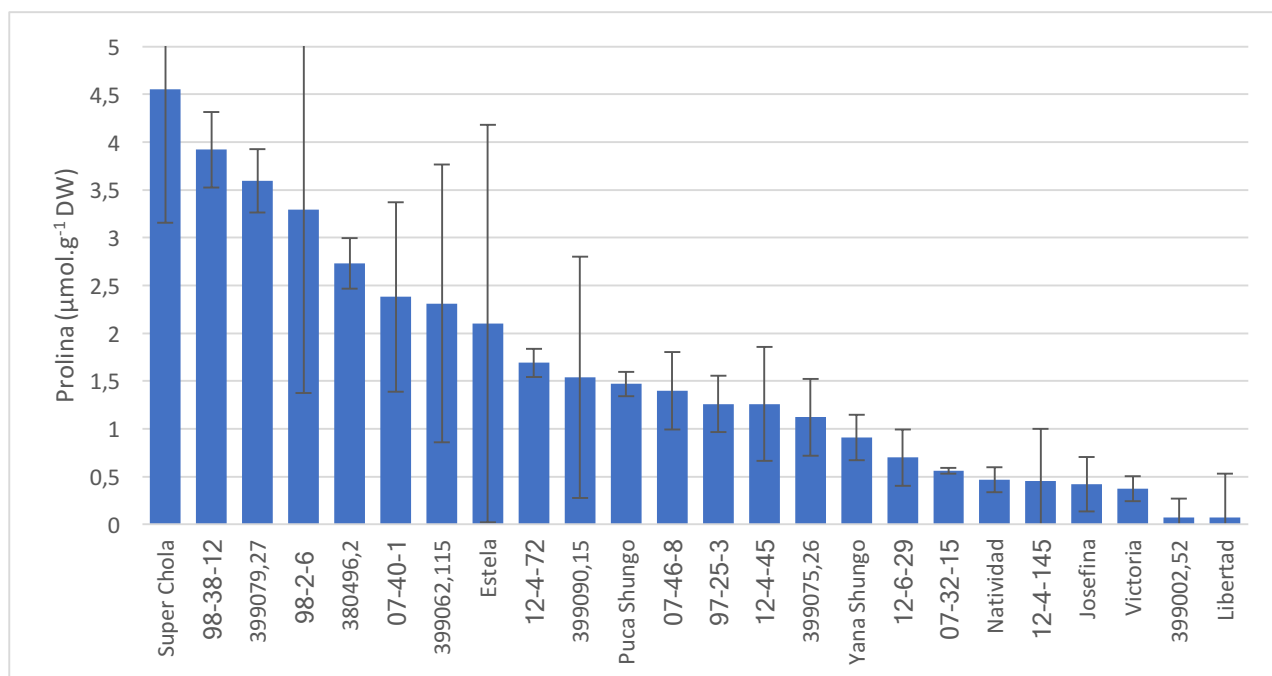


Figura 9: Contenido de prolina en veinticuatro genotipos de papa (*Solanum tuberosum*) sin sequía (n=8)

2. Contenido de prolina después de la sequía

En la figura 10 se puede observar el contenido de prolina en los 24 genotipos de papa después de ser sometidos al estrés de sequía, los resultados se reflejan en $\mu\text{mol. g}^{-1}$. Los valores obtenidos manifiestan que el contenido de prolina aumenta en todos los genotipos después del estrés. Los genotipos que presentaron valores más altos superando el valor de $30 \mu\text{mol. g}^{-1}$ son: Josefina, 12-4-145, 399079,27, Puca Shungo, 12-6-29 y Estela. Por otro lado, los que presentaron valores más bajos menores a $30 \mu\text{mol g}^{-1}$ son: 98-38-12, 12-4-72, 399075,26, 399002,52, 07-46-8, 399090,15, Yana Shungo, 380496,2, 12-4-45, 98-2-6 , 97-25-3, Victoria, 399062,115, 07-40-1, 07-32-15, Libertad, Natividad y Súper Chola.

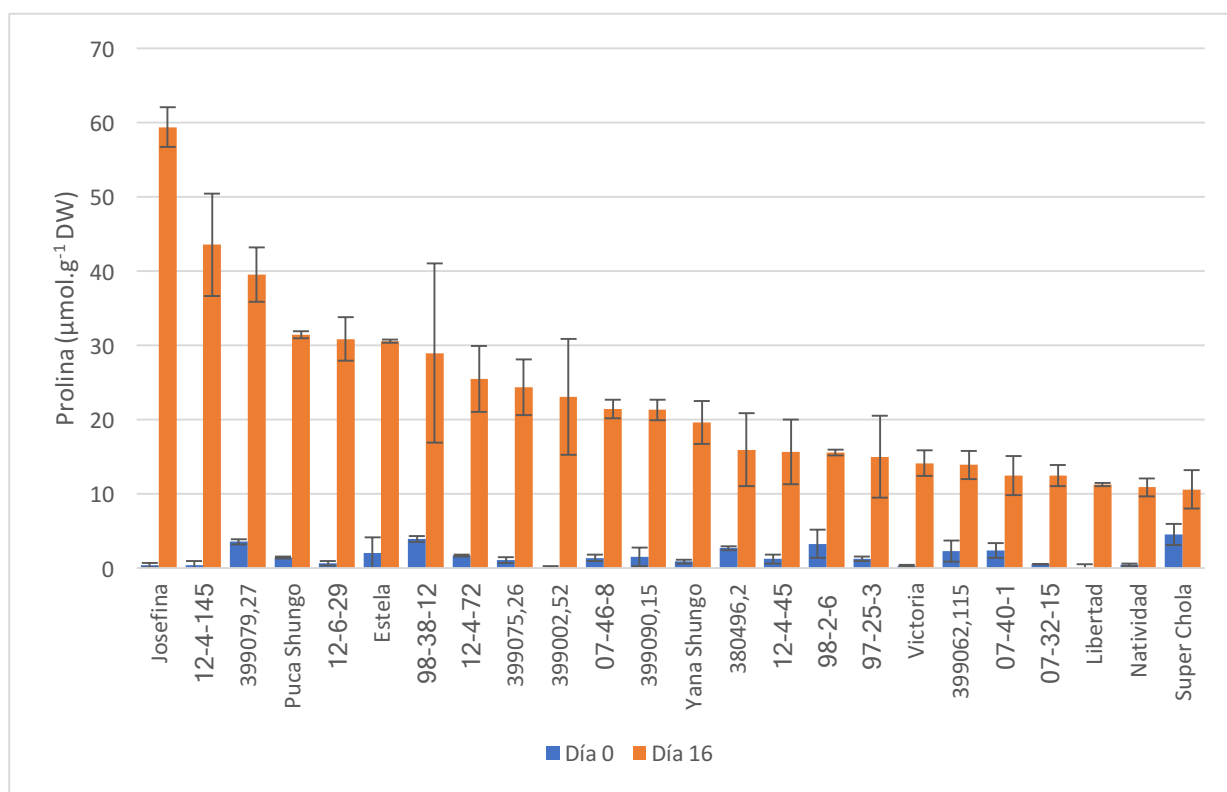


Figura 10: Contenido de prolina en veinticuatro genotipos de papa (*Solanum tuberosum*) después de sequía(n=8)

F. Evaluación de la conductancia estomática

1. Conductancia estomática relativa después de sequía

En la figura 11 se muestra el porcentaje relativo de apertura estomática en los veinticuatro genotipos de papa durante el período de sequía, en los días 0, 4, 8, 12, y 16. Los valores obtenidos muestran que al finalizar el período de sequía en el día 16, se observaron genotipos que presentaron una apertura mayor superando el 50 %, los cuales son: 98-2-6, 97-25-3, Superchola, Estela, 07-40-1, 399090,15, Puca Shungo, 380496,2, YanaShungo, 399075-26. Los de apertura media entre 25% y 49% son: 399062-115, Libertad, 399002,52, Victoria, 07-32-15 y 98-38-12. Por último, los genotipos con una apertura más baja entre el 10 y 24 % son: 399079,27, 07-46-8, Natividad, 12-4-45, 12-6-29, 12-4-72, Josefina y 12-4-145.

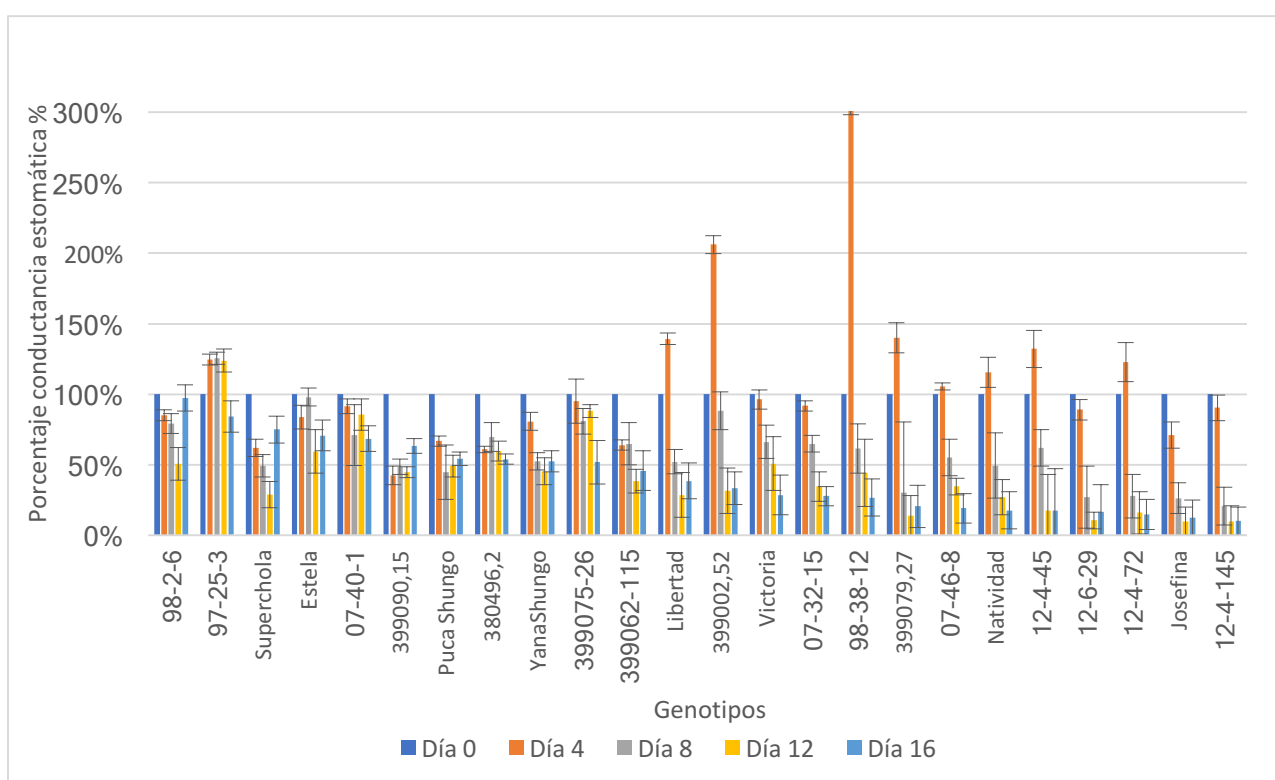


Figura 11: Porcentaje relativo de apertura estomática en 24 genotipos de papa (*Solanum tuberosum*) después de sequía. (n=6)

G. Evaluación de la fluorescencia de clorofila

1. Fluorescencia relativa de clorofila después de sequía

En la figura 12 se presentan los valores del porcentaje relativo de fluorescencia en los veinticuatro genotipos de papa durante el período de sequía, en los días 0, 4, 8, 12, y 16. Los valores obtenidos muestran que al finalizar el período de sequía en el día 16, los genotipos con los valores más altos mayores al 90 % son: 399090,15, 97-25-3, 07-32-15, YanaShungo, 380496,2, 07-46-8, Superchola, 399075-26, 12-6-29, 07-40-1, Victoria, Estela, Josefina, 12-4-72, Puca Shungo, 399079,27. En contraste, los que obtuvieron valores intermedios en el rango entre 50 y 90% son: 98-2-6, 98-38-12, 12-4-145, 399062-115, 399002,52, 12-4-45 y Natividad. Por último, se encontró sólo un genotipo menor al 50 % el cual es: Libertad.

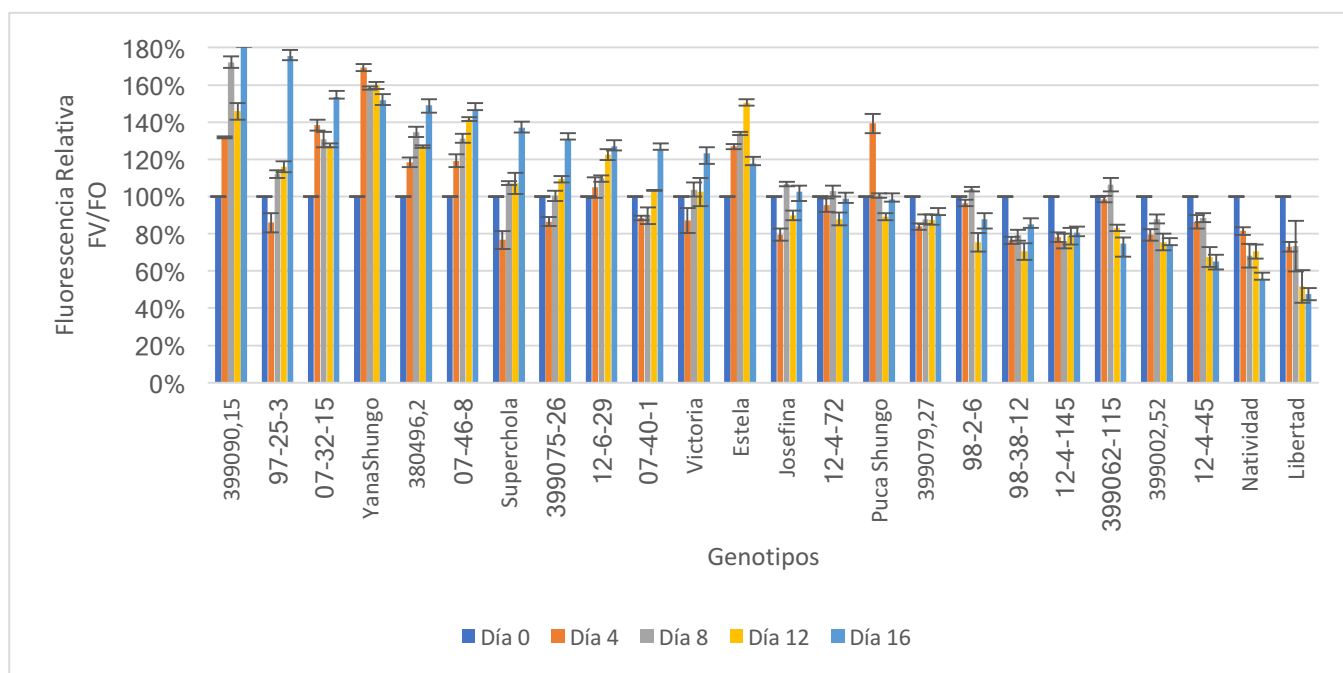


Figura 12: Porcentaje relativo de fluorescencia en veinticuatro genotipos de papa (*Solanum tuberosum*) después de sequía (n=6)

H. Evaluación del contenido de clorofila

1. Contenido relativo de clorofila después de sequía

En la figura 13 se puede ver los valores obtenidos del porcentaje relativo de clorofila en los veinticuatro genotipos de papa durante el período de sequía, en los días 0, 4, 8, 12, y 16. Los valores obtenidos muestran que al finalizar el período de sequía en el día 16, los genotipos con los valores más altos mayores al 100 % son: 399075-26, 07-40-1, 399079,27, 97-25-3, Victoria, 399090,15, 12-4-72, 07-32-15, Josefina y 12-6-29. En contraste, los genotipos con valores intermedios entre 80 y 99 % son: Yana Shungo, 07-46-8, 380496,2, 12-4-145, Natividad, 399002,52, 98-2-6, 12-4-45, Puca Shungo, Superchola, Estela, 98-38-12. Por último, los genotipos que obtuvieron los valores más bajos menores al 80 % son: 399062-115 y Libertad.

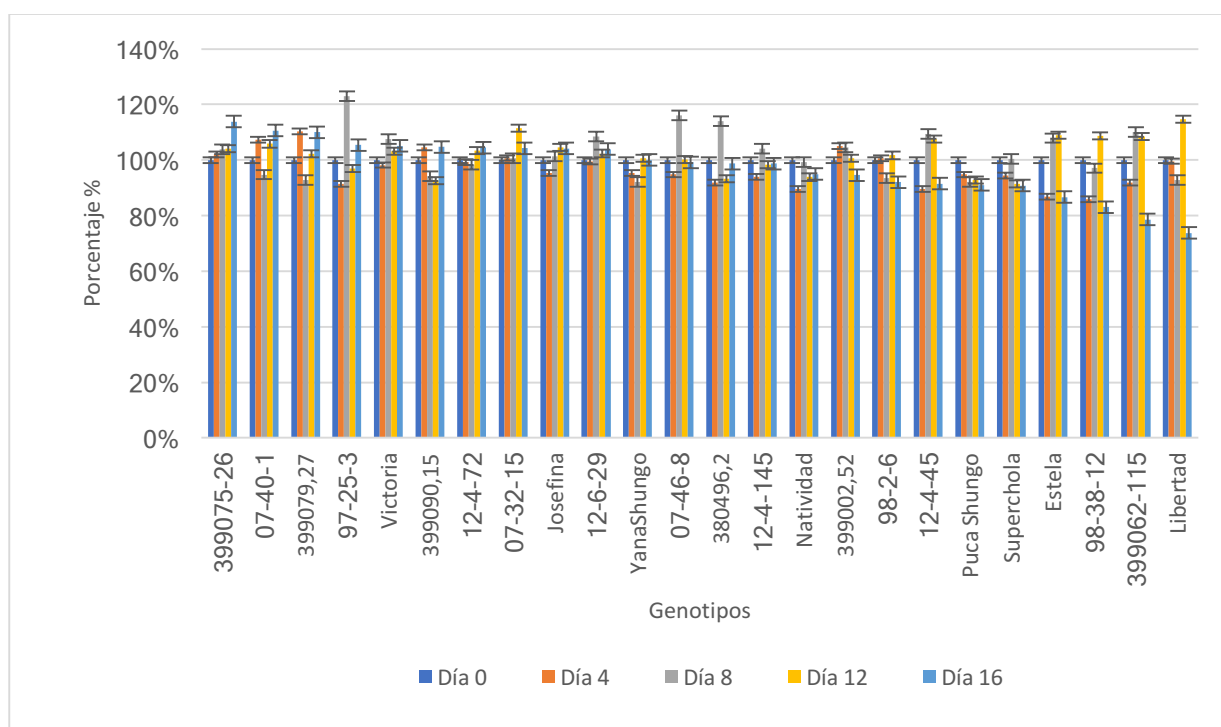


Figura 13: porcentaje relativo del contenido de clorofila en veintisiete genotipos de papa (*Solanum tuberosum*) después de sequía (n=9)

I. Evaluación del potencial hídrico en los genotipos de papa

1. Potencial hídrico después de sequía

En la figura 14 se muestra el potencial hídrico de los veinticuatro genotipos durante el período de sequía, en los días 0, 4, 8, 12 y 16. Los valores obtenidos muestran que al finalizar el período de sequía en el día 16, los genotipos con los valores más altos mayores o iguales a 10 Bar son: 98-38-12, 07-40-1, 399075-26, 12-4-45, Victoria, Puca Shungo, 12-6-29, Superchola, 97-25-3, 399079,27 y Josefina. En contraste, los genotipos con valores intermedios entre 8 y 10 Bar son: 12-4-145, Libertad, 98-2-6, YanaShungo, 399002,52, 07-46-8, 12-4-72, Natividad, 399090,15, 399062-115 y 07-32-15. Por último, los genotipos con valores menores a 8 son: Estela y 380496,2.

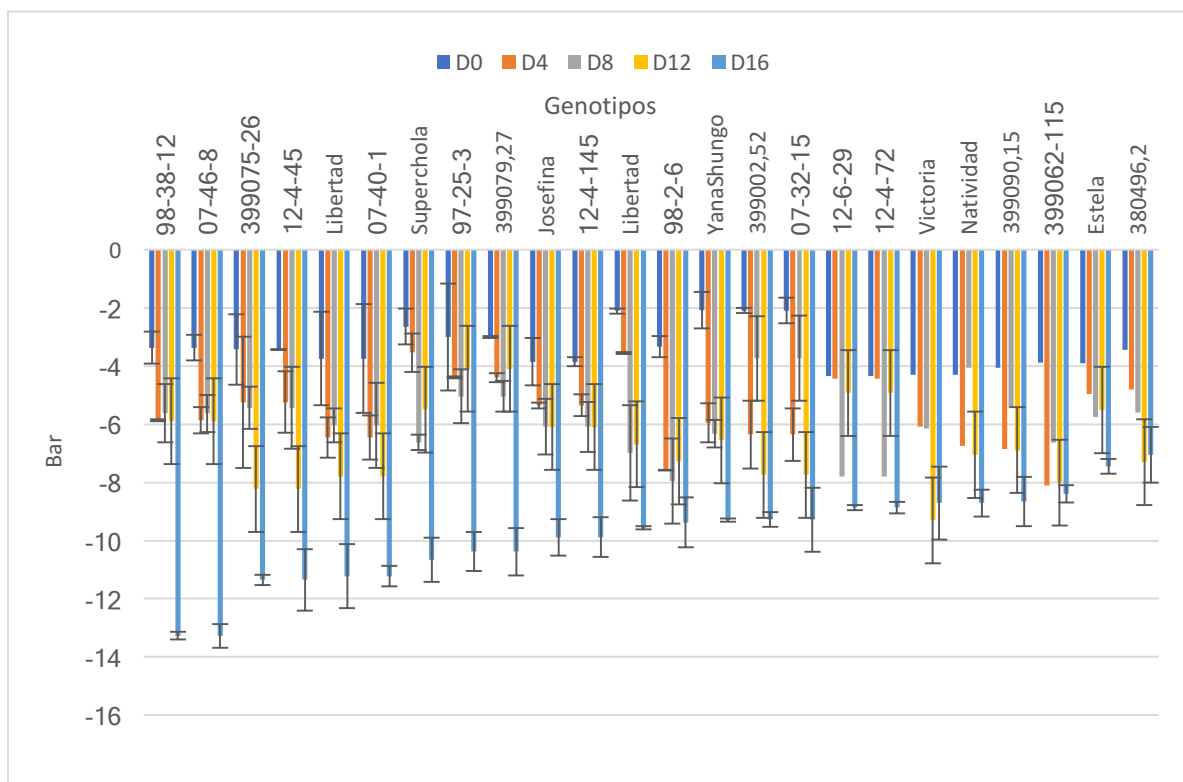


Figura 14: Potencial hídrico en veintisiete genotipos de papa (*Solanum tuberosum*) después de sequía (n=2).

J. Correlaciones entre las variables de rendimiento y las fisiológicas

Para la obtención de datos se realizó correlaciones mediante un gráfico de dispersión, en las cuales las variables dependientes (rendimiento) y las variables independientes (parámetros fisiológicos). Mediante esto se logró obtener el valor de R^2 que se encontró en la línea de tendencia.

La tabla 3 muestra los valores del R^2 obtenidos de las correlaciones entre los parámetros fisiológicos en comparación con los genotipos ante y sin estrés. Del mismo modo, se presenta el valor del R^2 que compara la productividad de los genotipos sin estrés comparados con los parámetros evaluados (daño visual, índice de recuperación, SPAD, fluorescencia, conductancia estomática, prolina, potencial hídrico y la producción después del estrés).

En primer lugar, se observa el coeficiente de correlación entre la producción de los genotipos sin estrés versus los distintos parámetros: SPAD con 0.01399, Fluorescencia con 0.01327, Conductancia Estomática con 0.00376. Por otro lado, se encuentra la correlación entre producción de los genotipos después del estrés con los distintos parámetros: Daño Visual con 0.06922, Índice de Recuperación con 0,3982, SPAD con 0.04841, Fluorescencia 0.06922, Conductancia Estomática con 0.00424, Prolina con 0.1377, y Potencial Hídrico con 0.0114. Por último, se observa las correlaciones que incorporan escala de daño visual en comparación con los diferentes parámetros: SPAD con 0.01471, Fluorescencia con 0,00031, Conductancia estomática con 0. 1968, Prolina con 0,00502 y Potencial hídrico con 0.0065.

Con el coeficiente de determinación (R^2) que se obtuvo, se aplicó la raíz cuadrada para obtener el coeficiente de correlación. Este último valor se comparó con la tabla de valores del coeficiente de correlación r , para diferentes niveles de significación y grados

de libertad, en una significación mayor a 0,05 (Fisher y Yates, 1971). Con esto concluimos que solamente la correlación de: producción después del estrés versus la producción sin estrés muestran significancia (S), con un valor de 0,74. Las demás correlaciones encontramos que ninguna muestra significancia, es decir son no significativas (NS).

Tabla 6: Correlaciones de parámetros fisiológicos versus producción de tubérculos con y sin estrés de sequía

Parámetros de Correlación (R²) Fisiológicos versus Producción								
	Daño Visual	Índice de Recuperación	Spad	Fluorescencia	Conductancia Estomática	Prolina	Potencial Hídrico	Producción después del estrés
Producción sin estrés	-	-	0,01399 (NS)	0,01327 (NS)	0,00376 (NS)	-	-	0,74 (S)
Producción después del estrés	0,07313 (NS)	0,3982 (NS)	0,04841 (NS)	0,06922 (NS)	0,00424 (NS)	0,13771 (NS)	0,0114 (NS)	-
Daño Visual en Sequía	-	-	0,015 (NS)	0,0003 (NS)	0,196 (NS)	0,005 (NS)	0,006 (NS)	0,073 (NS)

VII. Discusión

A. Evaluación de las condiciones del tratamiento de sequía

Para obtener datos confiables en los bloques experimentales, se utilizó el equipo PROCHECK, con el cual se logró homogeneizar todos los tratamientos sometidos al estrés de sequía y evitar errores en las futuras evaluaciones de los parámetros fisiológicos. En este aspecto, el equipo registró que las plantas sometidas al estrés hayan perdido por lo menos del 50 a 70% de disponibilidad de agua en el suelo, ya que, según Corrales, (2019), para que el estrés sea notable y la evaluación de los parámetros sea óptima, se buscó que la población pierda un 70 % de la disponibilidad del agua en el suelo. Además, se considera que desde este rango en adelante se puede observar el punto de marchitez permanente, al cual las plantas no consiguen extraer agua para compensar sus necesidades de transpiración, manifestándose síntomas de marchitamiento, caída de hojas y escaso desarrollo (León, 2018).

Por otro lado, el material vegetal se sometió a 16 días de déficit hídrico, realizando la toma de datos cada cuatro días, de esta forma se evaluó con los diferentes parámetros fisiológicos los días 0-4-8-12-16, ya que según el estudio de Rodríguez (2015) “el daño puede ser medible cuando las plantas han sufrido el estrés por sequía desde el día 8 hasta el 16”. Por otro lado, Gazendam (2016) sugiere que la “apariencia visual se afectará después de 11 a 15 días de estrés”. Es por esto que se programó la toma de datos en dichos días y además se pudo observar progresivamente como estos variaban conforme la sequía aumentaba. Los resultados obtenidos en el presente estudio concuerdan con los obtenidos por varios autores en relación con el efecto del contenido de humedad en el suelo para evaluar los genotipos en relación con su tolerancia a la sequía.

B. Evaluación del daño foliar y el rendimiento en sequía

En el estudio realizado por Kesiime, et al. (2016) también se evaluó genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L) para la tolerancia a la sequía en Uganda, en el cual se utilizó asimismo una escala en la que se daban las siguientes calificaciones : 1 = parcelas donde todas las plantas y hojas eran verdes y turgentes, 2 = parcelas donde solo el 30% de las plantas u hojas se habían marchitado, 3 = 50% de las plantas u hojas marchitas, 7 = 80% de las plantas u hojas marchitas y 9 = 100% de las plantas y hojas marchitas o muerte completa de la planta. Tales evaluaciones presentan una metodología similar a la utilizada este estudio. Sin embargo, para el análisis de datos, dicho estudio utilizó un análisis de varianza con una prueba de Fisher.

Por otro lado, en el estudio determinador por Sprenger, (2016) igualmente se evalúa el rendimiento en el cuál los tubérculos se cosecharon y se pesaron después de aproximadamente 115 días de cultivo, es por esto que en el presente estudio el rendimiento se evaluó en el mismo número de días, ya que el estado de la planta es óptimo para la producción de tubérculos y facilitar la medición del rendimiento. En contraste, los autores Mamani y François (2014), determinaron el rendimiento en sus ensayos, en el cual se evaluó las plantas de papa de cada unidad experimental, se midió el peso y el número de los tubérculos según su diámetro. La diferencia con el presente trabajo es que en su caso el rendimiento fue determinado mediante el número de tubérculos por planta y los kilogramos se contabilizaron por parcela, en los cuales se determinó que las variedades clasificadas como tolerantes obtuvieron valores que se acercaban a los 0,58 kg /planta. Mientras que en este estudio las variedades clasificadas como tolerantes obtuvieron valores iguales o mayores a 0,35 kg/planta. Tal diferencia entre rendimientos

podría deberse a los distintos genotipos en uso y a las diferentes condiciones experimentales.

Así mismo, Mamani y François, (2014), también utilizaron una escala de daño visual para medir el estrés de sequía, en el cual se valoraban hojas según el estado de turgencia y flacidez generado por dicho estrés. La única diferencia con este trabajo, es que en su caso añadieron una escala de daño visual a los tallos, por lo que generaron mayor información en diferentes partes de la planta para determinar el deterioro de las plantas por la sequía. No obstante, en ambos estudios se logró expresar la afectación de los genotipos por la sequía mediante la escala de daño visual.

C. Rendimiento antes y después del estrés de sequía

Los genotipos que mayor producción obtuvieron sin el estrés de sequía fueron: 12-6-29, 07-46-8, Josefina, Yana Shungo, Libertad, Victoria y Puca Shungo. Mientras que los genotipos que más producción obtuvieron después del estrés de sequía fueron 399075,26, 07-46-8, 12-6-29, Josefina, Superchola, Puca Shungo, 399079,27, Libertad y 380496,2. Este rendimiento antes y después del estrés por sequía muestra una relación en los códigos y variedades, ya que los que más producen sin estrés también fueron los que más produjeron después del estrés, como es el caso de: 12-6-29, 07-46-8, Josefina, Libertad y Puca Shungo. Esto se podría deber a la resistencia genética de cada genotipo o variedad, ya que, por ejemplo: Josefina, es una variedad que, según el INIAP, 2015: está diseñada para agricultores de zona con déficit hídrico y que sea tolerante a la sequía. Del mismo modo, todos los demás genotipos podrían tener en sus genes resistencia al estrés de sequía, lo que les permitió obtener el mayor rendimiento tanto antes como después del estrés.

D. Evaluación de las respuestas fisiológicas del cultivo de papa en sequía

E. Contenido de prolina

Según (Levi, 1983). “Algunas plantas de papa estuvieron expuestas a ciclos de estrés hídrico y recuperación durante la etapa de crecimiento. El déficit severo de agua indujo un aumento en el contenido de prolina de 6 a 7 veces en las hojas que recién comenzaban a marchitarse, y de 8 a 27 veces en las hojas de papa completamente marchitas.” Esto podría explicar los resultados de prolina en este estudio, ya que, al finalizar la sequía, todos los genotipos acumularon exponencialmente el contenido de este aminoácido, este crecimiento varió entre un 10% a 60% en los diferentes genotipos, lo que podría deberse a las diferencias varietales.

Por otro lado, Honermeier, (2005) también investigó el efecto del estrés hídrico sobre la acumulación de prolina en las hojas de papa. Los resultados indicaron un aumento del nivel de prolina en las hojas de todos los genotipos de papa con déficit hídrico. Adicionalmente, Bansal, et al (1986) citado por Hinojosa (2009), detectaron un incremento de prolina en 10 genotipos de papa bajo sequía, los niveles más altos fueron encontrados en los genotipos susceptibles, mientras que las variedades más tolerantes presentaron menor concentración de prolina y que resultaron en una correlación negativa. Sin embargo, la tolerancia y susceptibilidad en el presente estudio no se logró determinar con el contenido de prolina, ya que la correlación no fue significativa. Esta diferencia se puede deber a que, según Levi, (1983) el contenido de prolina es una característica varietal y un indicador de estrés por planta, pero no un indicador confiable para la tolerancia ante la sequía.

F. Fluorescencia

En este estudio se observó que los valores de fluorescencia decrecieron entre 0,62 en la primera medición día 0 hasta 0,27 en el día 16. Tales resultados son similares a los de la investigación realizada por Navarro, Maldonado, & Ariza, (2004), que evaluaron los valores de FV/FO a lo largo de un ciclo de sequía de 21 días, y encontraron que dichos valores disminuyeron conforme avanza el estrés, los valores oscilaron entre 0,7 en la primera medición, hasta en un rango de (0,17-0,61) en la última medición. Por otro lado, el estudio realizado por (Martinez & Moreno, 1992) manifiestan que esta reducción de valores en el tratamiento de sequía establece las estrechas relaciones entre la conductancia foliar y la fotosíntesis, ya que el estrés hídrico en papa afecta significativamente a los procesos de intercambio gaseoso en las hojas, los que se manifiestan como limitaciones estomáticas que alteran el metabolismo fotosintético a nivel de tejido mesofíco. Además, Ranalli et al, (1997) indican que puede existir cambios en la eficiencia cuántica del PSII (Fv/Fm) en plantas de diferentes genotipos expuestos al déficit hídrico asociados con el rendimiento. Sin embargo, en este estudio no se logró demostrar una relación en cuanto a la actividad fotosintética con el rendimiento, ya que al correlacionar los datos no se obtuvo significancia. Esto se puede deberse al diferente comportamiento de los genotipos en estudio y a que se utilizó diferentes condiciones experimentales.

G. Conductancia Estomática

Utilizando como referencia el estudio de Silva (2019) en el cual se evaluó la conductancia estomática en variedades de papa bajo condiciones de sequía, se registraron valores de que oscilaban entre (0.05-0.15 moles H₂O m⁻² s⁻¹) durante el estrés. En los cuales se determinó que una g= 0.15 mol H₂O m⁻² s⁻¹ es considerada leve para la variedad Única,

que no perjudicó su respuesta fotosintética. Por el contrario, una $g = 0.05 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ lo señalan como un daño severo; en este trabajo se mantuvo una restricción hídrica por 30 días. Dichos valores tienen la misma tendencia en este estudio, ya que en el día 0 se observaron valores entre $(0.28 - 0.84 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})$, mientras que en el día 16 los valores se encuentran entre $(0.098 - 0.55 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})$, por lo que se ve una disminución de la conductancia estomática conforme el estrés aumenta. Esta disminución de la conductancia estomática se debe a que “se presenta resistencia en las estomas, que es un fenómeno que ocurre cuando existe déficit hídrico, en el cual el gradiente de densidades de vapor de agua sobre la tasa de transpiración disminuye” (Hinojosa, 2009).

Sin embargo, en el estudio realizado por Silva, (2019) si se encontró una correlación positiva entre la conductancia estomática y el rendimiento. No obstante, en el presente trabajo los resultados difieren, ya que los valores obtenidos fueron estadísticamente no significativos, lo que coincide con lo que reportan Bansal y Nagarajan, (1986), la relación del cierre de los estomas es una respuesta al estrés hídrico de los genotipos lo cual se refleja las diferencias en sus características varietales y en el rendimiento de tubérculos debido al estrés.

H. Potencial Hídrico

En esta investigación se encontraron valores entre (-3 a -13 Bares) en los días de tratamiento, que considera un indicativo de estrés por sequía. Esta misma tendencia se observa en el trabajo realizado por, (Hernández, Villagra, & Antúnez, s/f) quienes encontraron diferencias significativas en el potencial hídrico de la hoja de papa para tratamientos en invernadero con valores entre (-4 a -6 Bares). Por lo tanto, los valores mencionados muestran una tendencia a crecer en cuanto el estrés por sequía en los genotipos de papa. En otro estudio realizado por (Martinez & Moreno, 1992), el potencial

de agua de las hojas fue determinado también con la técnica de la cámara de presión, encontrando una oscilación de valores de entre -1,6 Bares al inicio del estrés, hasta -18 Bares al finalizar el período de sequía en el día 20. Tal diferencia entre estudios se puede atribuir al número de días del tratamiento y a las diferencias varietales de los genotipos.

IX. Conclusiones

- Existió una correlación positiva con significancia entre la producción de los genotipos con estrés de sequía versus la producción de estos genotipos sin estrés, que se refleja con un valor de $R^2 = 0,74$.
- El germoplasma presentó daño visual cuando se sometió al estrés, lo que reflejó que las plantas pierden una turgencia entre 40 a 50 %.
- Las metodologías para evaluar las respuestas fisiológicas: Potencial Hídrico, Conductancia Estomática, Fluorescencia de la Clorofila, Contenido de Clorofila y Contenido de Prolina permiten tener una idea más clara acerca del funcionamiento fisiológico de los distintos genotipos de papa, no obstante, no pudieron demostrar la tolerancia o susceptibilidad.
- La tolerancia y susceptibilidad frente al estrés de sequía en los 24 genotipos de papa se resume así, Tolerantes: 399075,26, 07-32-15, 97-25-3, Victoria, 07-46-8, 12-4-45, 12-4-145, 98-38-12, 399079,27 y 399002,52; Medianamente tolerantes: 07-40-1, Estela, 399062,115, Superchola, 12-6-29, 12-4-72 y Josefina; Susceptibles: 98-2-6, Natividad, Yana Shngo, Puca Shungo, 380496,2, 399090,15 y Libertad.

X. Recomendaciones

- Utilizar un diseño experimental para obtener datos más certeros y con relevancia estadística.
- Usar en los programas de mejoramiento de papa contra la sequía, las variedades: 399075,26, 07-32-15, 97-25-3, Victoria, 07-46-8, 12-4-45, 12-4-145, 98-38-12, 399079,27 y 399002,52 como progenitores para obtener mayor disponibilidad de genotipos resistentes.
- Mejorar las condiciones del manejo del material vegetal para obtener resultados más precisos y confiables.

Referencias:

- AGROTEP. (2019). Procheck. Recuperado el 2018 de Noviembre de 2019, de <https://agrotep.com/producto/procheck/>
- Andrade, M., & Sherwood, S. (2002). *La Papa en el Ecuador*. Quito: INIAP. Recuperado el 12 de Noviembre de 2019 de: <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2803>
- Bamberg y Vega (1995). *Screening the Us potato collection from frost hardness*. USA: Am Potato Journal
- Bansal, C., & Nagarajan, S. (1986). *Leaf water content, stomatal conductance and proline accumulation in leaves of potato (solanum tuberosuml.) In response to water stress*. Recuperado el 12 de Septiembre de 2019, de samviti: <https://www.samviti.com/img/1341/society/publication/ijpp-29o-4-016.pdf>
- BCE. (2019). *Reporte de coyuntura sector agropecuario*. (B. C. Ecuador, Ed.) Quito, Ecuador.
- Bolaños, A. (2015). *Evaluación de diferentes orígenes de semilla de papa (Solanum tuberosum L.) Provenientes de tres sistemas de producción en dos localidades de la sierra ecuatoriana*. Quito, Ecuador.
- Bolaños, C. (2015). *¿La Punta Morada de la Papa en la Sierra Norte del Ecuador?* Recuperado el 12 de Noviembre de 2019, de ResearchGate.com
- Bonilla, N. (2009). Evaluación y selección agronómica de cuarenta genotipos de papa (Solanum Tuberosum L.) para la tolerancia a estrés hídrico en tres localidades de la provincia de Chimborazo. Riobamba: Escuela superior politécnica de Chimborazo. Recuperado el 2017 de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/336/1/13T0629%20.pdf>
- Brack. (2000). *Diversidad genética*. Recuperado el Octubre de 2019, de minagri.gob: <http://minagri.gob.pe/portal/objetivos/47-sector-agrario/recurso-biodiversidad/347-diversidad-genetica>
- Cabassa, Abraham, Erdei y Szabados. (2010). Methods for determination of proline in plants. Recuperado el 2 de Junio de [ethttps://www.researchgate.net/publication/43132146_Methods_for_Determination_of_Proline_in_Plants](https://www.researchgate.net/publication/43132146_Methods_for_Determination_of_Proline_in_Plants)
- Caicedo, D. R., Tellez, M. S., & López, L. E. (2010). *Efecto de Diferentes Niveles y Épocas de Defoliación Sobre el Rendimiento de la Papa (Solanum tuberosum cv. Parda Pastusa)*. (SCIELO, Ed.) Recuperado el 13 de Noviembre de 2019, de <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v63n2/a06v63n01.pdf>

- Carillo, Petronia & Gibon, Yves & contributors, PrometheusWiki. (2011). *PROTOCOL: Extraction and determination of proline*. PrometheusWiki. Recuperado el 2 de Octubre de 2019 de Researchgate.com
- Ceccarelli, S. (1984). Plant responses to water stress. *Gen. Agr.* 38:43- 74.
- Chaman Medina, R. V. (2014). *Contenido de prolina en Solanum lycopersicum pretratado con glicina betaina y sometido a estrés salino*. Perú .Lima
- CIP, 2010. *Papas nativas: un tesoro por explorar*. Quito. Recuperado el 2017 de : <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3128/1/iniapsc328est.pdf>
- Clinton, E. y. (1990). *COMPARISON OF HYDRAULIC PRESS AND PRESSURE CHAMBER ESTIMATES OF POTATO LEAF WATER POTENTIAL*. (A. P. Journal, Ed.)
- Corrales, A. (2019). *Evaluación de las Respuestas Fisiológicas y de Daño Foliar Durante el Estrés de Sequía en Veintisiete Genotipos de Papa (Solanum tuberosum)*. Quito, Ecuador.
- Cuesta Subía, H.X., Rivadeneira Ruales, J.E., Monteros J., C., Yumisaca, F., Carrera, E., y Reinoso R., I.A. (2015). INIAP-Josefina: *Nueva variedad de papa con tolerancia a la sequía*. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Raíces y Tubérculos-Papa.
- Cuesta, X., Andrade, H., Bastidas, O., & Sherwood, S. (2002). *Botánica y Mejoramiento Genético de la Papa*. Quito: INIAP.
- Devaux, A., Ordinola, A., & Hibon, A. (2010). *El sector papa en la región andina: Diagnósticos y elementos para una visión estratégica en Bolivia, Ecuador y Perú*. Lima: Centro Internacional de la Papa.
- Ekanayake, J. (1997). *Estudios sobre el estrés por sequía y necesidades del riego de papa*. CIP . Recuperado el 2017 de : <http://cipotato.org/library/pdfdocs/ResGuide44167.pdf>. Quito, Ecuador.
- Gabriel, J., Ancasi, G., Angulo, A., Magne, J., Torre, J. L., & Mamani, P. (2012). *Resistencia genética de híbridos de papa (Solanum tuberosum L.) al estrés hídrico por sequía*. (F. Proimpa, Ed.) Cochabamba, Bolivia .
- Gabriel, J., Magne, J., García, R., & Coca1, J. (2009). Variedades nativas de papa: Tecnología tangible para afrontar el efecto causado por la helada y la sequía. *Revista Latinoamericana de la Papa*.

- Gandarillas, A., & Ortuño, N. (2009). *Enfermedades, Insectos, Nematodos y factores que afectan el cultivo de papa en Bolivia*. (G. y. Ortuño, Ed.) Cochabamba, Bolivia.
- Gazendam, R. G. (2016). *International Society for Horticultural Science*. Recuperado el Septiembre de 2019, de https://www.actahort.org/members/showpdf?booknrarnr=1110_29
- Ghobadi, M., S. Taherabadi, M.E. Ghobadi, G.R. Mohammadi y S. Jalali-Honarmand. (2013). *Antioxidant capacity, photosynthetic characteristics and water relations of sunflower (Helianthus annuus L.) cultivars in response to drought stress*. Ind. Crops Prod. 50(0), 29-38. Doi: 10.1016/j.indcrop.2013.07.009
- González, A. (2009). *Aplicación del medidor portátil de clorofila en programas de mejora de trigo y cebada*. Recuperado el 13 de Noviembre de 2019, de <https://digitum.um.es/digitum/bitstream/10201/23846/1/117241-464971-1-PB.pdf>
- Hernández, C., Villagra, P., & Antúnez, A. (s/f). *Relación suelo-agua-planta y evaluaciones de estrés hídrico en papas*. Recuperado el Septiembre de 2019, de <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR40467.pdf>
- Hinojosa, L. (2009). *Estudio del comportamiento agronómico de genotipos de papa (solanum spp) bajo estrés hídrico en invernadero*. (U. C. Ecuador, Ed.) Quito. Recuperado el Septiembre de 2019, de <https://books.google.com.ec/books?id=iJQzAQAAMAAJ&pg=PA11&dq=conductancia+estom%C3%A1tica+sequ%C3%ADa+papa&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwi89sjJzsblAhWJtVkkKHeiDCi4Q6AEIKjAA#v=onepage&q=conductancia%20estom%C3%A1tica%20sequ%C3%ADa%20papa&f=false>
- Honermeier, K. y. (2005). *Effect of water stress on proline accumulation of genetically modified potatoes (Solanum tuberosum L.) generating fructans*. Gießen, Alemania.
- Huamán, Z. y D.M. Spooner. 2002. Reclassification of landrace populations of cultivated potatoes (*Solanum* sect. *Petota*). Amer. J. Bot. 89, 947-965. Recuperado el 2 de Diciembre de : http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000092&pid=S012-9965200900030000300020&lng=en
- ICT. (2019). *ProCheck Handheld Reader*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2019, de <http://www.ictinternational.com/>: <http://www.ictinternational.com/products/procheck/procheck-handheld-reader/>

- INIA. (2016). *Estrés hídrico en papas, avances y protocolos*. inia. (P. Teresa, Editor) Recuperado el Agosto de 2019, de <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR40460.pdf>
- INIAP , (2002). *El cultivo de la papa en Ecuador*. Quito: INIAP. Recuperado el 2017 de : <https://nrxms1019hx1xmtstxk3k9sko-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/Documentacion%20PDF/Pumisacho%20y%20Sherwood%20cultivo%20de%20Papa%20en%20Ecuador.pdf>
- INTAGRI. (2016). *El Índice de Área Foliar (IAF) y su Relación con el Rendimiento del Cultivo de Maíz*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2019, de <https://www.intagri.com/articulos/cereales/el-indice-de-area-foliar-iaf>
- Jiménez, S., Alvarado, O., & Balaguera, H. (2015). Fluorescencia como indicador de estrés en *Helianthus annuus* L. Una revisión. *SCIELO*. Recuperado el Septiembre de 2019, de <http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v9n1/v9n1a13.pdf>
- Kesiime, e. a. (2016). *Characterization and Evaluation of Potato Genotypes (Solanum tuberosum L) for Tolerance to Drought in Uganda*. *springer*. Recuperado el Septiembre de 2019, de <https://link.springer.com.ezbiblio.usfq.edu.ec/content/pdf/10.1007%2Fs12230016-9533-5.pdf>
- Larcher, W. (2003). *Physiological Plant Biological*. Springer-Verlag. Recuperado el 3 de Octubre de 2019 de : <https://www.springer.com/gp/book/9783642962837>
- León, J. (2018). “*Determinación de requerimientos hídricos en el cultivo de lechuga lactuca sativa) var. Winterhaven en base al tanque de evaporación tipo a y formulas empíricas (fao) en Macaji, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo*” Recuperado el 2019, de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8729/1/13T0861.pdf>
- Levi, D. (1983). *Water deficit enhancenient of proline and a-amino nitrogen accomulation in potato plants and its association with susceptibility to drought*. Israel, Israel .
- Lincoln, Z., & Morgan, M. D. (2013). *Interpretación del Contenido de la Humedad del Suelo para Determinar Capacidad de Campo y Evitar Riego Excesivo en Suelos Arenosos Utilizando Sensores de Humedad1*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2019, de <https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/AE/AE49600.pdf>
- Lozano, F. (2015). "Eficiencia de uso de agua en quince genotipos de papa (*solanum tuberosum l.*) Bajo condiciones de estrés hídrico por sequía". Lima, Perú: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA .

- MAGAP. (2018). *Informe de rendimientos de papa en el Ecuador 2017*. Quito , Ecuador. Recuperado el 10 de Noviembre de 2019, de ; <http://fliphtml5.com/ijia/sfoj/basic>
- MAGAP. (2019). *Ecuador se proyecta a ser exportador de papa*. Quito, Ecuador . Recuperado el 19 de Noviembre de 2019, de <https://www.agricultura.gob.ec/ecuador-se-proyecta-a-ser-exportador-de-papa/>
- Maldonado, L., & Suárez, V. (2016). Nuevos senderos de la agroindustria de la papa. *Revista latinoamericana de la papa*, 1-20.
- Magne, R., & García, J. (2015). Variedades mejoradas de papa: tecnología tangible para afrontar el efecto causado por la helada y sequía. Oruro: Revista Latinoamericana de la Papa.
- Mamani, P., & François, J. (2014). *Efecto de la sequía en la morfología, crecimiento y productividad de genotipos de papa (Solanum tuberosum L.)* Bolivia.
- Martinez, C. & Moreno, U. (1992). Expresiones fisiológicas de resistencia a la sequia-en dos variedades de papa sometidas a stres hidrico en condiciones de campo. *RESEARCHGATE*. Recuperado el Septiembre de 2019, de <https://www.researchgate.net>
- Martinez. (2012). Factores Bióticos. *WORDPRESS*. Recuperado el Octubre de 2019, de <https://guillermojesusmartinezleyva.wordpress.com/2012/01/20/2-2-factores-bioticos/>
- Matsubayashi M. 1991. *Phylogenetic relationships in the potato and its related species*. In: *Chromosome engineering in Plants: genetics, breeding and evolution. PartB: Development in plant genetics and breeding*. Editado por T. Tsuchiya and P. K. Gupta. Elsevier science Publisher. Recuperado el 2 de octubre de 2019 de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=1036979&pid=S177-9933201300030000300020&lng=es
- Medium. (2014). *Proyecto FONTAGRO “Cambio climático y competitividad de papa y trigo en Sudamérica”*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2019, de <https://medium.com/@papaycclimatico/chile-fad187570440>
- minagri. (s/f). Biodiversidad genética. *minagri.gob*. Recuperado el Octubre de 2019, de <http://minagri.gob.pe/portal/objetivos/47-sector-agrario/recurso-biodiversidad/347-diversidad-genetica>
- Molina, et. al. (2009). *DIVERSIDAD GENÉTICA DE LA BIOTA*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2019, de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/291206701_Diversidad_genetica

- Muñoz, K y Andrade, J. (2017). *Diseño de un modelo de gestión que permita administrar los recursos disponibles en el invernadero inteligente del iniap localizado en las instalaciones de la espe orientado a la producción de semilla de papa certificada*. Quito: Ecuador. Recuperado el 13 de Octubre de 2019 de : <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1932/1/T-UIDE-1451.pdf>
- Navarro, R., Maldonado, R., & Ariza, D. (2004). Fluorescencia de la clorofila en cinco procedencias de pinus halepensis mill y su reapesta al estrés hídrico. (S. E. Forestales, Ed.) *Actas de III reunión sobre repoblaciones forestales*.
- Ochoa, C.M. 1999. Las papas de Sudamérica: Pert. CIP, Lima, Perú
- OEEE. (Mayo de 2011). El cultivo de papa. *Ministerio de Agricultura Perú*. (M. d. Perú, Editor) Recuperado el Agosto de 2019, de [minagri.gob: http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/LA-PAPA-NUUESTRA-DE-CADA-DIA.pdf](http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/LA-PAPA-NUUESTRA-DE-CADA-DIA.pdf)
- Patrice. M., & Slatyer, R. (2003). *Leaf resistance measurements with diffusion porometers: precautions in calibration and use* Recuperado el 12 de Noviembre de 2019, de ELSEVIER:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0002157171901105>
- Pino, M. (2016). *Estrés Hídrico y Térmico en Papas, Avances y Protocolos*. Santiago de Chile. Recuperado el Julio de 2018, de <https://www.google.com.ec/search?q=Estr%C3%A9s+H%C3%ADdrico+y+T%C3%A9rmico+en+Papas%2C+Avances+y+Protocolos&oq=Estr%C3%A9s+H%C3%ADdrico+y+T%C3%A9rmico+en+Papas%2C+Avances+y+Protocolos&aqs=chrome..69i57.821j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- POTATOPRO. (2014). *La sequía como factor limitante del rendimiento y calidad de la papa fue estudiada por el INIA de Chile*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2019, de <https://www.potatopro.com/es/news/2014/la-sequ%C3%ADa-como-factor-limitante-del-rendimiento-y-calidad-de-la-papa-fue-estudiada-por-el>
- PROINPA. (2009). *Compendio : enfermedades, insectos, nemátodos y factores abióticos que afectan el cultivo de la papa en Bolivia* . Recuperado el 13 de Septiembre de 2019, de <https://www.proinpa.org/tic/pdf/Papa/Plagas%20de%20la%20papa/Otras%20plagas/pdf16.pdf>
- Ranalli, P., Candilo, M. di, & Bagatta, M. (1997). Drought tolerance screening for potato improvement. *Plant Breeding*. Recuperado el 2 de Octubre de 2019 de: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.1997.tb00999.x>

- Ramos, H . (2018). Evaluación de las respuestas fisiológicas y rendimiento durante el estrés de calor en veinticuatro genotipos de papa (*Solanum tuberosum*). Quito: Ecuador
- Rodríguez, E. (2009). *Teorías sobre la clasificación taxonómica de las papas cultivadas (Solanum L. sect. Petota Dumort.)*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Rodriguez, L. (2015). *Caracterización de la respuesta fisiológica de tres variedades de papa (Solanum tuberosum L.) bajo condiciones de estrés por déficit hídrico*. (U. N. Agrarias, Ed.) Bogotá, Colombia.
- Rolando, J. L., Ramírez, D. A., Yactayo, W., Monneveux, P., & Quiroz, R. (2015). *Leaf greenness as a drought tolerance related trait in potato (Solanum tuberosum L.)*. Recuperado el 2012 de Noviembre de 2019, de sciencedirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0098847214002317?via%3Dihub>
- Sánchez, L. A. (2009). *Estudio del comportamiento agronómico de genotipo de papa (solanum spp.) bajo estrés hídrico en invernadero*. . Quito, Ecuador.
- Sherwood, S., & Pumisacho, M. (2002). *El cultivo de la papa en Ecuador*. (INIAP-CIP, Ed.) Recuperado el 10 de Noviembre de 2019, de cipotato: <https://cipotato.org/wp-content/uploads/Documentacion%20PDF/Pumisacho%20y%20Sherwood%20Cultivo%20de%20Papa%20en%20Ecuador.pdf>
- Silva, C. (2019). “Recuperación de la fotosíntesis como criterio de Riego en una variedad de papa (*solanum tuberosum* l.) Con Tolerancia media a la sequía” *lamolina*. (U. N. MOLINA, Editor) Recuperado el Septiembre de 2019, de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3913/silva-diaz-carmen-cecilia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- SIN. (2019). *Caracterización de la parroquia Aloag* . Recuperado el 12 de Noviembre de 2019, de http://app.sni.gob.ec/sinlink/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1768098680001ACTUALIZACION%20PD%20y%20OT%202015%20ALOAG_15-052015_12-48-15.pdf
- Sinagap. (2017). *Boletín Situacional de Papa*. Quito: Ministerio de Agricultura Ganadería, Acuacultura y Pesca .
- Soto, J., Medina, T., Aquino, Y., & Estrada, R. (2013). Diversidad genética de papas nativas (*Solanum* spp.) conservadas en cultivares nativos del Perú. *scielo*. Recuperado el octubre de 2019, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332013000300003

- Spooner, D.M., R.G. van den Berg, A. Rodriguez, J. Bamberg, R.J. Hijmans y S. Lara Cabrera. (2004). Wild potatoes (*Solanum* section *Petota*) of North and Central America. Syst. Bot. Monogr. 68, 1-209. Recuperado el 11 Abril de 2018 de : http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000106&pid=S012-9965200900030000300034&lng=en
- Sprenger, H. K. (2016). The drought response of potato reference cultivars with contrasting tolerance. *Wiley Online Library*. Recuperado el Septiembre de 2019, <https://www.onlinelibrary.wiley.com/action/showCitFormats?doi=10.1111%2Fce.12780>
- Tambussi, E. (2010). *La fluorescencia modulada de la clorofila*. Técnicas de Medición. Recuperado el Julio de 2018, de https://www.researchgate.net/publication/305222881_Estres_hidrico_y_termico_en_papas_avances_y_protocolos_Boletin_INIA_N_331_148p
- YARA. (2019). *La producción mundial de papas* . Recuperado el 13 de Noviembre de 2019, de <https://www.yara.com.pe/nutricion-vegetal/papa/la-produccion-mundial-de-papas/>

XII. Anexos

Tabla 7. Contenido volumétrico en los 24 genotipos de papa expuestos a sequía

Tabla de resumen - Contenido volumétrico											
Genotipo	Día 0	Día 4	Día 8	Día 12	Día 16	Antes de estrés	ER RLTVO	ER RLTV4	ER RLTV8	ER RLTV12	ER RLTV16
Estela	0,4193	0,2492	0,1742	0,1556	0,1256	100	1,9210	12,0994	14,5352	26,2377	19,2551
Josefina	0,2891	0,2110	0,1364	0,0991	0,0702	100	9,9462	17,2753	33,0667	27,3974	26,5314
Puca shungo	0,4297	0,1920	0,1354	0,1063	0,0860	100	11,6854	23,2502	21,9658	25,7588	17,9033
Libertad	0,4380	0,2168	0,1623	0,1315	0,1056	100	4,8575	17,1432	19,8447	25,8611	21,7740
Natividad	0,4007	0,2021	0,1600	0,1369	0,0869	100	17,0709	13,5299	18,5674	26,0184	8,7724
Superchola	0,4503	0,2272	0,2443	0,1043	0,1032	100	8,3507	12,0164	18,8569	35,5265	28,3397
Victoria	0,3084	0,2397	0,1848	0,1374	0,1200	100	17,6923	16,6679	19,1665	28,8040	20,9021
YanaShungo	0,4480	0,2732	0,1753	0,1597	0,1302	100	11,2629	9,7887	19,2138	28,5547	29,3014
07-32-15	0,4119	0,2583	0,1801	0,1377	0,1070	100	6,3527	10,8725	23,7391	21,7283	19,2161
07-40-1	0,3474	0,2374	0,1900	0,1402	0,1256	100	15,1577	19,0275	15,7086	25,9591	19,0020
07-46-8	0,4126	0,2619	0,1659	0,1319	0,0924	100	6,6588	10,6472	25,7158	22,8327	20,4744
12-4-145	0,3993	0,1931	0,1425	0,0990	0,0871	100	12,5731	10,6825	24,0105	35,8187	8,8921
12-4-45	0,4590	0,1752	0,1396	0,1182	0,0857	100	12,6403	27,0334	23,2681	27,5797	48,2860
12-4-72	0,4800	0,1862	0,1299	0,0874	0,0908	100	2,2503	12,6691	27,1982	33,2383	12,0163
12-6-29	0,3299	0,2169	0,1694	0,1160	0,0910	100	7,0760	18,5640	24,1474	28,9136	29,4355
380496,2	0,4663	0,2519	0,1950	0,1237	0,1554	100	6,8022	22,0020	9,8998	45,1854	59,7966
399002,52	0,4297	0,1837	0,1439	0,0983	0,0887	100	15,9187	21,1548	22,8052	16,8335	49,5813
399062-115	0,4520	0,2201	0,1890	0,1441	0,1412	100	9,0375	11,4843	6,2505	37,1448	15,4950
399075-26	0,4093	0,2807	0,1794	0,1403	0,1093	100	4,6367	11,7561	21,2859	22,0859	18,1162
399079,27	0,4723	0,1793	0,1550	0,1207	0,0823	100	6,0880	27,2921	15,7800	34,0653	48,1223
399090,15	0,4130	0,2168	0,1854	0,1169	0,1099	100	4,3087	16,7201	7,7317	24,4565	28,0597
97-25-3	0,3857	0,2806	0,1996	0,1629	0,1253	100	10,7209	16,3952	21,4008	23,4023	21,2182
98-2-6	0,4330	0,2266	0,1582	0,1370	0,1229	100	2,3627	14,3029	12,9107	26,2605	18,2703
98-38-12	0,4433	0,1771	0,1300	0,0892	0,0736	100	2,3003	18,5991	26,4803	33,0536	42,3036

Tabla 8. Potencial Hídrico en los 24 genotipos de papa expuestos a sequía

Tabla de resumen – Potencial hídrico										
Genotipos	D0	DV E	D4	DV E	D8	DV E	D12	DV E	D16	DV E
12-4-72	-4,35	0,55	-4,44	0,04	-7,8	1	-4,925	1,475	-8,865	0,135
12-4-145	-3,85	0,45	-5,35	0,45	-6,085	0,635	-6,1	1,45	-9,88	0,41
Natividad	-2,79	1,21	-6,74	2,26	-4,055	0,725	-7,05	1,7	-8,71	0,18
Libertad	-3,74	0	-6,46	1,06	-6,04	1,41	-7,795	0,895	-11,225	1,055
399079,27	-3	1,6	-4,395	0,695	-5,04	0,58	-4,1	0,2	-10,38	1,1
12-4-45	-3,425	1,865	-5,24	0,76	-5,44	1,46	-8,22	0,38	-11,35	0,35
399002,52	-2,09	0,61	-6,355	0,655	-3,735	0,265	-7,735	0,115	-9,28	0,75
98-38-12	-3,365	1,845	-5,865	0,035	-5,625	0,925	-5,9	0	-13,27	0,67
12-6-29	-2,325	0,025	-2,61	0,16	-5,035	0,535	-8,84	0,66	-10,82	0,82
JOSEFINA	-2,465	0,805	-2,715	0,095	-6,35	0,95	-7,96	1,64	-10,225	0,625
VICTORIA	-2,47	0,15	-6,17	0,37	-6,155	0,855	-9,295	0,065	-11,295	0,675
07-40-1	-2,365	0,085	-5,635	0,035	-6,89	1,64	-10,445	0,145	-12,015	0,055
97-25-3	-3,81	0,36	-6,285	0,015	-6,265	1,465	-9,285	0,555	-10,46	0,86
399075-26	-2,97	0,63	-6,165	0,675	-5,225	0,475	-6,61	0,87	-11,56	0,06
07-32-15	-3,585	0,085	-7,13	1,17	-7,045	1,445	-9,765	0,575	-8,25	0,25
07-46-8	-2,335	0,445	-6,855	0,905	-6,83	1,46	-9,29	0,19	-8,9	1,1
Superchola	-2,64	0,34	-3,535	0,445	-6,625	0,925	-5,49	0,11	-10,66	0,09
98-2-6	-3,33	0,13	-7,575	0,265	-7,955	0,605	-7,27	0,13	-9,375	0,195
Libertad	-2,11	0,42	-3,55	0,07	-6,985	0,185	-6,695	0,495	-9,55	1,25
399062-115	-3,885	0,355	-8,1	0,2	-6,64	0,56	-8	0,6	-8,4	0,46
Estela	-3,91	0,9	-4,95	0,45	-5,76	0,26	-5,51	0,21	-7,45	0,85
YanaShungo	-2,07	0,17	-5,955	0,045	-6,32	0,18	-6,545	0,045	-9,3	0,3
380496,2	-3,45	0,28	-4,8	0,3	-5,595	0,355	-7,295	0,745	-7,05	0,25
399090,15	-4,06	0,25	-6,86	1,14	-5,44	0,46	-6,885	0,185	-8,65	0,95

Tabla 9. Fluorescencia en los 24 genotipos de papa expuestos a sequía

Tabla de Resumen - Fluorescencia										
RESUMEN	D0	D4	D8	D12	D16	ER D0	ER D4	ER D8	ER D12	ER D16
12-4-72	0,24958	0,35089	0,51901	0,43169	0,20052	0,08319	0,11696	0,17300	0,14390	0,06684
12-4-145	0,51335	0,34305	0,53331	0,30826	0,12894	0,17112	0,11435	0,17777	0,10275	0,04298
Natividad	0,58159	0,35349	0,54204	0,27886	0,17390	0,19386	0,11783	0,18068	0,09295	0,05797
Libertad	0,59444	0,32456	0,46008	0,68634	0,18529	0,19815	0,10819	0,15336	0,22878	0,06176
399079,27	0,92890	0,13754	0,52904	0,44927	0,21395	0,30963	0,04585	0,17635	0,14976	0,07132
12-4-45	0,81911	0,29317	0,54200	0,57087	0,22625	0,27304	0,09772	0,18067	0,19029	0,07542
399002,52	0,56871	0,30821	0,44793	0,29231	0,20506	0,18957	0,10274	0,14931	0,09744	0,06835
98-38-12	0,63748	0,28277	0,52179	0,32153	0,14514	0,21249	0,09426	0,17393	0,10718	0,04838
12-6-29	0,56025	0,07445	0,22908	0,37250	0,05662	0,18675	0,02482	0,07636	0,12417	0,01888
JOSEFINA	0,65625	0,62481	0,01236	0,59450	0,15713	0,21875	0,20827	0,00412	0,19817	0,05238
VICTORIA	0,36327	0,34314	0,41813	0,11800	0,12975	0,12109	0,11438	0,13938	0,03933	0,04325
07-40-1	0,17373	0,23771	0,10894	0,14950	0,25838	0,05791	0,07924	0,03631	0,04983	0,08612
97-25-3	0,30826	0,42098	0,49068	0,10950	0,19488	0,10275	0,14033	0,16356	0,03650	0,06496
399075-26	0,42686	0,25938	0,35424	0,14000	0,07250	0,14229	0,08646	0,11808	0,04667	0,02417
07-32-15	0,88872	0,22524	0,15770	0,49250	0,49488	0,29624	0,07508	0,05257	0,16417	0,16496
07-46-8	0,83713	0,50346	0,30942	0,00300	0,16125	0,27904	0,16782	0,10314	0,00100	0,05375
Superchola	0,71060	0,21709	0,40811	0,36007	1,23838	0,23687	0,07236	0,13604	0,12002	0,41279
98-2-6	0,74677	0,46441	0,37204	0,42187	0,19101	0,24892	0,15480	0,12401	0,14062	0,06367
Libertad	0,87452	0,37186	0,36694	0,51411	0,11208	0,29151	0,12395	0,12231	0,17137	0,03736
399062-115	0,45975	0,86626	0,17540	0,33821	0,46211	0,15325	0,28875	0,05847	0,11274	0,15404
Estela	0,93607	0,10360	0,13196	0,25196	0,51913	0,31202	0,03453	0,04399	0,08399	0,17304
YanaShungo	0,88661	0,41411	0,16567	0,27217	0,33253	0,29554	0,13804	0,05522	0,09072	0,11084
380496,2	0,43249	0,08482	0,49133	0,45041	0,36053	0,14416	0,02827	0,16378	0,15014	0,12018
399090,15	0,81882	0,22787	0,18017	0,36824	0,23024	0,27294	0,07596	0,06006	0,12275	0,07675

Tabla 10. Conductancia estomática en los 24 genotipos de papa expuestos a sequía

Tabla de Resumen - Conductancia estomática									
Genotipos	Día 0	Día 4	Día 8	Día 12	Día 16	ERROR 4	ERROR 8	ERROR 12	ERROR 16
Estela	100	83,86651491	97,93427457	59,35630736	70,74322524	48,68186375	43,44739547	62,61642687	53,51386027
JOSEFINA	100	71,07714588	26,33566872	9,845786528	12,50146777	56,46001672	23,97067202	8,409402806	13,53005799
Libertad	100	139,3488399	52,00932696	28,59980425	38,5946226	34,65420405	25,99456793	26,6223967	28,40677247
Puca Shungo	100	66,77020311	44,69533276	49,0789758	54,15676318	15,71744038	52,89386998	22,82581993	16,25582991
Natividad	100	115,6841949	49,47711129	27,1285517	17,60309787	83,09418444	76,71324947	22,7186937	15,56017888
Superchola	100	62,02752134	49,32938512	28,85211636	74,93468037	21,93699733	22,71377458	15,17514928	40,94507839
VICTORIA	100	96,29212528	66,22115507	50,7288258	28,51132549	51,62384127	61,2609711	76,19965733	31,57153547
YanaShungo	100	80,6896407	52,4597045	45,40799194	52,4072364	40,07950163	25,64252833	34,97984605	30,87930157
07-32-15	100	91,81236288	64,85196662	34,53735327	27,73844797	24,99785732	27,55442184	26,65941568	13,73922473
07-40-1	100	91,56197262	70,88359689	85,70327312	68,43344376	39,05993337	121,9223928	76,03774262	50,09033938
07-46-8	100	105,3280752	55,13928511	34,54228897	19,229317	20,96578047	56,79553321	15,85391353	15,88432044
12-4-145	100	90,47575079	20,62279264	9,711225503	10,05978625	58,89245298	20,14900053	7,843242354	7,17907625
12-4-45	100	132,1872245	61,95132377	17,52825198	17,40803078	107,4640246	50,69205291	28,10501965	32,49660381
12-4-72	100	122,8031229	27,76184181	15,99610885	14,70155396	114,7831591	28,59460581	15,9784046	10,39130097
12-6-29	100	88,99117982	26,94304518	10,58035628	16,64640148	54,26929565	50,90280504	5,384740671	27,7795405
380496,2	100	61,04413348	69,6555436	59,65823466	53,99354144	8,585402483	43,72034445	26,40207215	12,00560054
399002,52	100	206,0912512	88,09031044	31,57572907	33,40545626	46,36059849	41,72817855	18,22061731	13,6403224
399062-115	100	63,88604017	64,74148928	38,32512069	45,83706446	15,71744038	64,71826812	21,54995632	42,68697121
399075-26	100	94,98396749	80,81612646	88,18699835	51,78604252	121,2525562	59,28630783	32,50064244	64,98502962
399079,27	100	140,0960688	29,98356718	13,83516622	20,52837821	78,13260728	79,71818316	10,30145022	16,22021677
399090,15	100	42,27291802	48,4816694	44,58093312	63,37313547	24,41706042	22,91882145	14,83520171	28,52741804
97-25-3	100	124,7459454	125,554301	123,9093615	84,29480599	31,53333578	36,44738478	67,18728844	61,20703482
98-2-6	100	85,18181818	79,28739003	50,74780059	97,48973607	18,16264397	32,36932371	33,63523514	51,1123768
98-38-12	100	304,3174072	61,45428452	44,3700293	26,72367398	53,75921425	30,14564901	29,40030024	9,731647812

Tabla 11. Contenido de clorofila en los 24 genotipos de papa expuestos a sequía

Tabla de resumen - Contenido de clorofila										
	Día 0	Día 4	Día 8	Día 12	Día 16	Día 0	Día 4	Día 8	Día 12	Día 16
Estela	49,8875	43,34444444	46,76666667	50,93333333	44,14444444	100	86,88437874	107,8954114	108,9094797	86,67102967
JOSEFINA	45,28888889	43,21111111	43,82222222	45,83333333	47,71111111	100	95,41216879	101,4142453	104,5892495	104,0969697
Libertad	44,66666667	44,47777778	41,28888889	47,33333333	34,9	100	99,57711443	92,83037722	114,6393972	73,73239437
Natividad	48,61666667	43,54444444	43,21111111	40,55555556	38,5	100	89,56690664	99,2344986	93,8544613	94,93150685
Puca Shungo	44,16666667	41,86666667	38,57777778	35,77777778	32,57777778	100	94,79245283	92,14437367	92,74193548	91,05590062
Superchola	44,1	41,61111111	41,8	38,24444444	34,7	100	94,35626102	100,4539386	91,49388623	90,73213248
VICTORIA	41,21111111	40,46666667	43,52222222	44,93333333	47,18888889	100	98,19358318	107,5507963	103,2422773	105,0197824
YanaShungo	45,14444444	43,02222222	39,61111111	39,86666667	39,84444444	100	95,29904012	92,07128099	100,6451613	99,94425864
07-32-15	41,18888889	41,48888889	41,77777778	46,53333333	48,53333333	100	100,7283518	100,6963042	111,3829787	104,2979943
07-40-1	34,75555556	37,28888889	35,33333333	37,38888889	41,33333333	100	107,2890026	94,7556615	105,8176101	110,5497771
07-46-8	37,53333333	35,57777778	41,26666667	41,36666667	41,04444444	100	94,78981646	115,9900062	100,2423263	99,22105829
12-4-145	45,33333333	42,58888889	44,3	43,57777778	43,02222222	100	93,94607843	104,0177407	98,36970153	98,72514023
12-4-45	45,23333333	40,54444444	44,35555556	47,68888889	43,64444444	100	89,63399656	109,3998356	107,5150301	91,51910531
12-4-72	41,18333333	40,86666667	40,22222222	41,6	43,44444444	100	99,23108053	98,42305601	103,4254144	104,4337607
12-6-29	41,22222222	41,02222222	44,47777778	45,52222222	47,32222222	100	99,5148248	108,4236186	102,3482388	103,9541128
380496,2	44,75555556	41,13333333	46,91111111	43,75555556	43,2	100	91,90665343	114,0464614	93,27333018	98,73031996
399002,52	44,56666667	46,77777778	48,91111111	49,25555556	46,57777778	100	104,9613563	104,5605701	100,7042254	94,56350102
399062-115	44,77777778	41,13333333	45,28888889	49,15555556	38,63333333	100	91,86104218	110,1026472	108,5377821	78,59403255
399075-26	37,56666667	38,33333333	39,77777778	41,36666667	47,1	100	102,0408163	103,7681159	103,9944134	113,8597905
399079,27	41,23333333	45,5	42,22222222	43,15555556	47,47777778	100	110,3476152	92,7960928	102,2105263	110,015448
399090,15	43,24444444	45,17777778	42,55555556	39,42222222	41,3	100	104,4707091	94,1957698	92,63707572	104,7632469
97-25-3	38,25555556	34,96666667	42,97777778	41,66666667	43,94444444	100	91,40284635	122,9107086	96,94932782	105,4666667
98-2-6	43,52222222	43,8	40,96666667	41,65555556	38,36666667	100	100,6382436	93,53120244	101,6815839	92,10456122
98-38-12	47,63333333	40,87777778	39,67777778	43,15555556	35,86666667	100	85,81758806	97,06441968	108,7650518	83,11019567

Tabla 12. Contenido de prolina en los 24 genotipos de papa expuestos a sequía

Tabla de resumen - contenido de prolina				
Nombre	Día 0	Día 16	SD	EE
Josefina	0,420185474	59,38621371	0,282448367	2,661174671
12-4-145	0,455200931	43,55922751	0,544712664	6,932706626
399079,27	3,59492017	39,5674655	0,330128887	3,664430645
Puca Shungo	1,47064916	31,44387966	0,12811383	0,459223403
12/6/29	0,700309124	30,88363237	0,295128578	2,943798362
Estela	2,100927372	30,60350872	2,080990686	0,236036383
98-38-12	3,921731094	28,97723531	0,396154664	12,04000765
12/4/72	1,690079352	25,47791289	0,14525671	4,45623839
399075,26	1,120494598	24,35519509	0,404646991	3,739162057
399002,52	0,073833333	23,07907624	0,198077332	7,775405537
07-46-8	1,400618248	21,46836525	0,405292876	1,266235443
399090,15	1,540680073	21,35164707	1,263147498	1,386017212
Yana Shungo	0,910401861	19,60865547	0,239201104	2,876387057
380496,2	2,731205583	15,94370439	0,267098549	4,910327343
12/4/45	1,260556423	15,68692438	0,594231997	4,357138552
98-2-6	3,291452883	15,55464376	1,918727722	0,388047748
97-25-3	1,260556423	15,00217768	0,297115998	5,51015342
Victoria	0,373498199	14,16180673	0,132381272	1,694518701
399062,115	2,311020109	13,93615157	1,453317202	1,881734656
07-40-1	2,381051021	12,51218968	0,990386661	2,641031096
07-32-15	0,560247299	12,50051786	0,03250722	1,436060658
Libertad	0,071833333	11,25163326	0,462180442	0,225117887
Natividad	0,466872749	10,9014787	0,132051555	1,19121189
Super Chola	4,552009306	10,62135505	1,398281936	2,556208245

Tabla 13. Resiliencia en los 24 genotipos de papa expuestos a sequía

Genotipos	(Kg / planta)	Turgencia Sequía (%)	(Kg / planta)	Turgencia Sequía (%)	Total
399075,26	0,975	81	2	2	4
07-32-15	0,656	79	2	2	4
97-25-3	0,478	78	1	2	3
07-40-1	0,342	74	1	2	3
Estela	0,319	73	2	1	3
Victoria	0,456	73	2	1	3
399062,115	0,355	70	2	1	3
Superchola	0,395	69	2	1	3
07-46-8	0,074	69	2	1	3
12/4/45	0,325	68	2	1	3
98-2-6	0,402	65	0	2	2
Natividad	0,182	64	0	2	2
Yana Shngo	0,182	62	0	2	2
12-4-145	0,459	61	1	1	2
98-38-12	0,099	60	2	0	2
Puca Shungo	0,163	59	2	0	2
399079,27	0,112	59	2	0	2
380496,2	0,114	58	0	1	1
399002,52	0,093	55	0	1	1
399090,15	0,11	52	0	1	1
12/6/29	0,132	49	0	1	1
12/4/72	0,071	44	0	1	1
Libertad	0,095	41	0	1	1
Josefina	0,104	39	0	0	0

