

Evaluación de las Respuestas Fisiológicas y de Daño Foliar Durante el Estrés de Calor en Veinticuatro Genotipos de Papa (*Solanum tuberosum*)

Hernán Ramos^{1,7}, Esteban Espinosa-Cordova^{1,7}, Solbay Segovia^{1,7}, Alexis Corrales^{1,7}, Felipe Griffin^{1,7}, Isabel Romo^{1,7}, Renato León^{1,7}, Darío Ramírez-Villacis^{1,7}, Xavier Cuesta^{2,7}, Jorge Rivadeneira^{2,7}, Enrique N. Fernández-Northcote⁷, Enrique Ritter^{4,7}, Antonio Leon-Reyes^{1,5,6,7}

¹ Laboratorio de Biotecnología Agrícola y de Alimentos, Ingeniería en Agronomía, Facultad de Ciencias e Ingeniería del Politécnico, Universidad de San Francisco de Quito, Quito-Ecuador.

Correo electrónico: aleon@usfq.edu.ec; hbramos@usfq.edu.ec

² Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias - INIAP, Quito, Ecuador. ³ Universidad Nacional Agraria La Molina - Instituto de Biotecnología, IBT, Lima, Peru. ⁴ NEIKER Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario, Vitoria-Gasteiz, España. ⁵ Instituto de Microbiología, Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales COCIBA Universidad San Francisco de Quito USFQ, Campus Cumbayá, Quito, Ecuador. ⁶ Instituto de Investigaciones Biológicas y Ambientales BIÓSFERA, Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales COCIBA Universidad San Francisco de Quito USFQ, Campus Cumbayá, Quito, Ecuador. ⁷ Proyecto PAPA CLIMA (FAO-IT PGRFA, con fondos de la Unión Europea)

Introducción

Las altas temperaturas son un tipo de estrés abiótico que limitan el crecimiento, el desarrollo y la productividad del cultivo, ya que se presentan cambios bioquímicos, fisiológicos y morfológicos. A lo largo de este estudio se experimentó a 24 variedades de papa (*Solanum tuberosum*; plantas de 2 meses de edad) a altas temperaturas (38°C por 48 horas), con la finalidad de determinar su tolerancia o susceptibilidad hacia este estrés. Dentro del material vegetal utilizado para esta experimentación, se encuentran las siguientes variedades comerciales: Estela, Josefina, Libertad, Natividad, Puca Shungo, Superchola, Victoria y Yana Shungo, mientras que las líneas promisorias obtenidas de programas de mejoramiento genético utilizadas fueron las 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; 98-2-6. Cuarenta y ocho horas después del estrés, se emplearon cinco metodologías para evaluar el estado del daño y respuestas fisiológicas, estas fueron: el índice de daño mediante escala visual, el índice de daño celular mediante la fuga de electrolitos, la medición de la apertura estomática, la medición de la actividad del fotosistema II, y el contenido de clorofila en las plantas. Todas las metodologías mencionadas anteriormente fueron utilizadas para determinar las respuestas fisiológicas después del estrés y además también para evaluar la tolerancia o susceptibilidad a condiciones de altas temperaturas. Los resultados obtenidos de esta experimentación demuestran que los genotipos más tolerantes a las altas temperaturas son Natividad, 12-4-72, 12-6-29, 399062-115, 399090,15; por otra parte, los genotipos más susceptibles son Puca Shungo, Victoria, 07-32-15, 07-46-8, 97-25-3.

Metodología

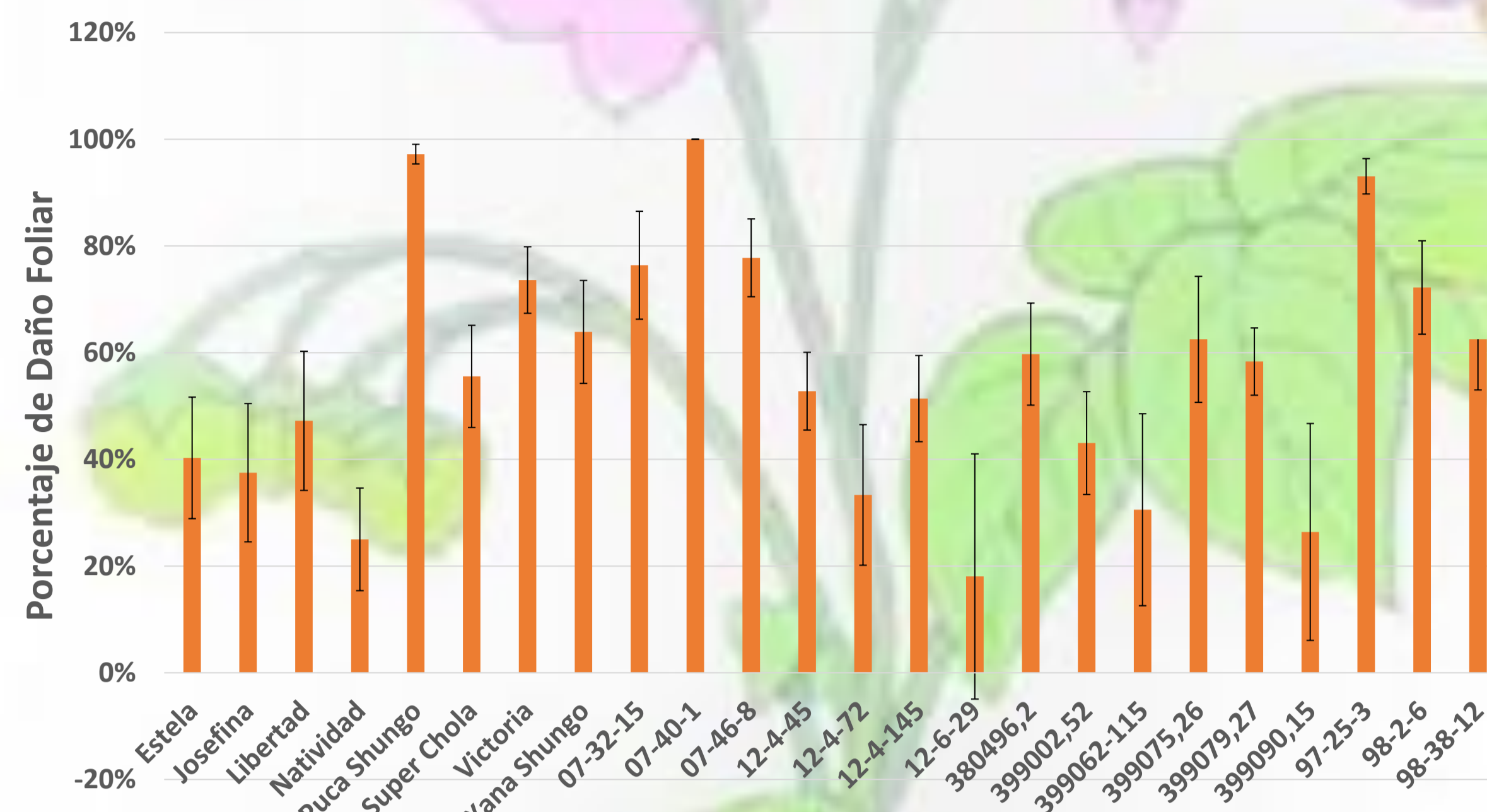
- Para el tratamiento de simulación a altas temperaturas, se ubicaron las plantas a las seis de la tarde del día anterior al tratamiento en el cuarto caliente. Se prende el cuarto caliente treinta minutos después de ubicar las plantas y toma alrededor de cuatro horas para aumentar la temperatura hasta 38°C. Después de 48 horas, el cuarto caliente se apaga y se detiene la exposición al calor. Posteriormente, se abre la puerta del cuarto caliente para que las plantas se aclimaten a la temperatura ambiente durante treinta minutos.
- A continuación se toman cinco discos de hoja por planta con un sacabocados número 5, las muestras de disco se ponen en un tubo de ensayo con 10 ml de agua destilada, después con la formula descrita por Flint (1966) se calcula el índice de daño producido por la fuga de electrolitos, se realizaron ocho repeticiones por genotipo.
- Con respecto a la toma de datos de contenido de clorofila, conductancia estomática y fluorescencia de la clorofila, se utilizó la primera hoja completamente expandida del tercio superior de cada una de las plantas, esto con la finalidad de reducir la variabilidad. Para cada uno de los parámetros fisiológicos anteriormente mencionados, se realizaron cuatro repeticiones.
- Finalmente, tres días después de la experimentación se fotografian las doce plantas sometidas al tratamiento de calor. Se utilizaron las cuatro imágenes más representativas del daño por el tratamiento de calor para preparar la Figura 1. Por último, con las doce imágenes obtenidas se realizó la escala de daño visual en base al nivel de daño producido al tejido foliar a cada uno de los veinticuatro genotipos.

Resultados

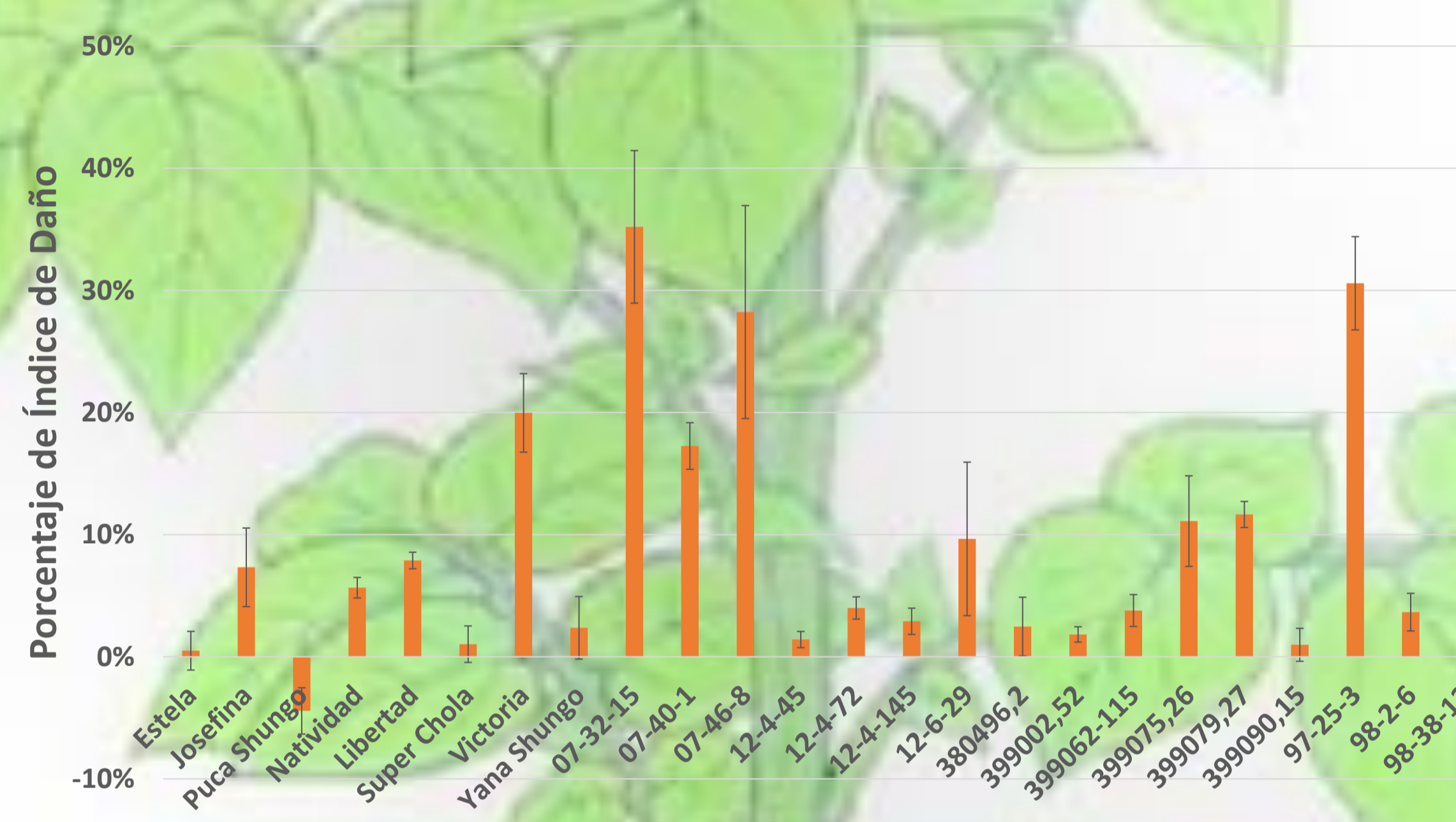
Figura 1 Imágenes obtenidas del resultado de los ocho diferentes genotipos comerciales con los cuales se llevo a cabo la experimentación, el antes y después del tratamiento de calor a 38°C durante 48 horas de exposición.

	Control				Calor			
Estela								
Josefina								
Libertad								
Natividad								
Puca Shungo								
Super Chola								
Victoria								
Yana Shungo								

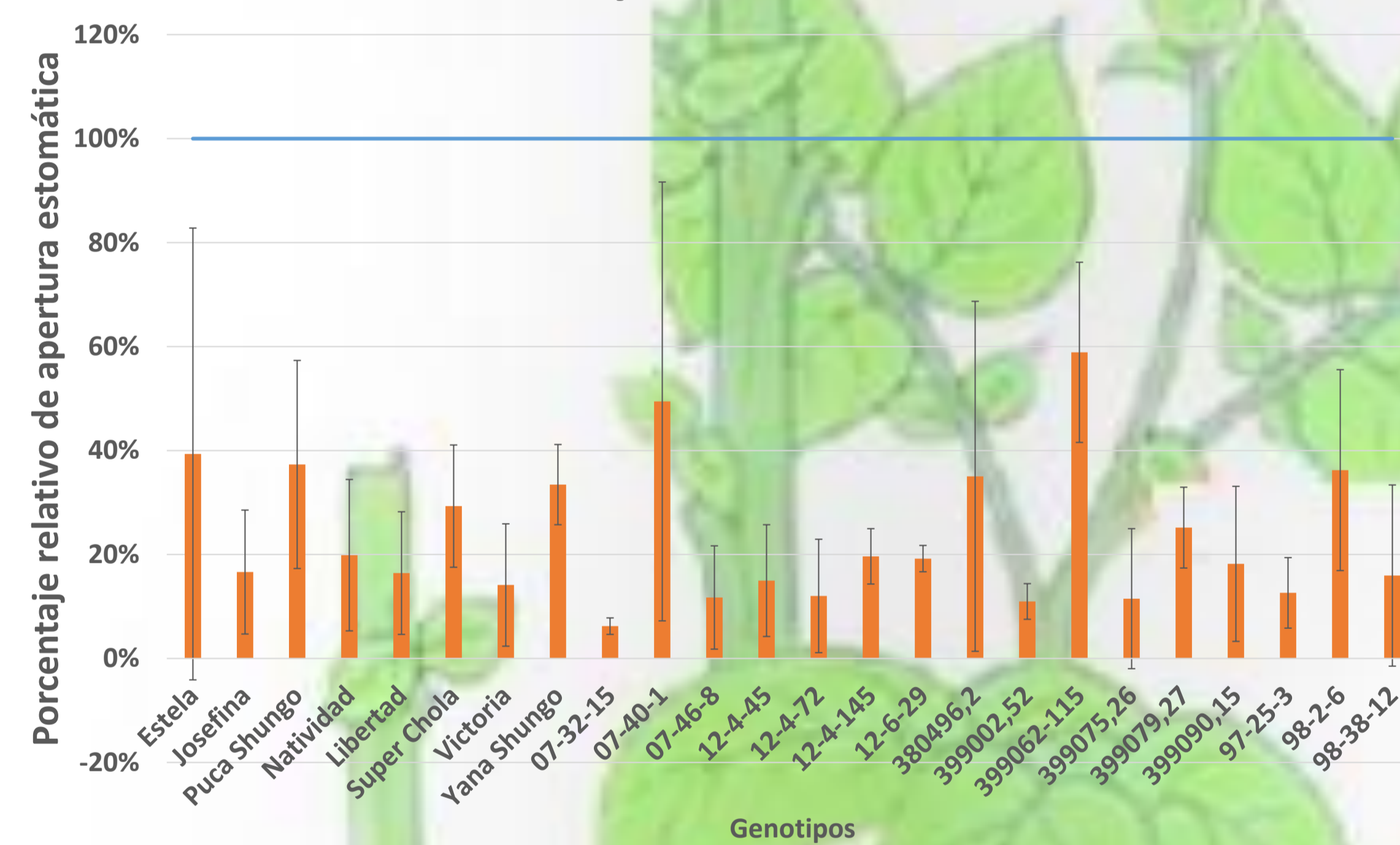
Porcentaje de Daño Después del Estrés de Calor Evaluado por una Escala Visual



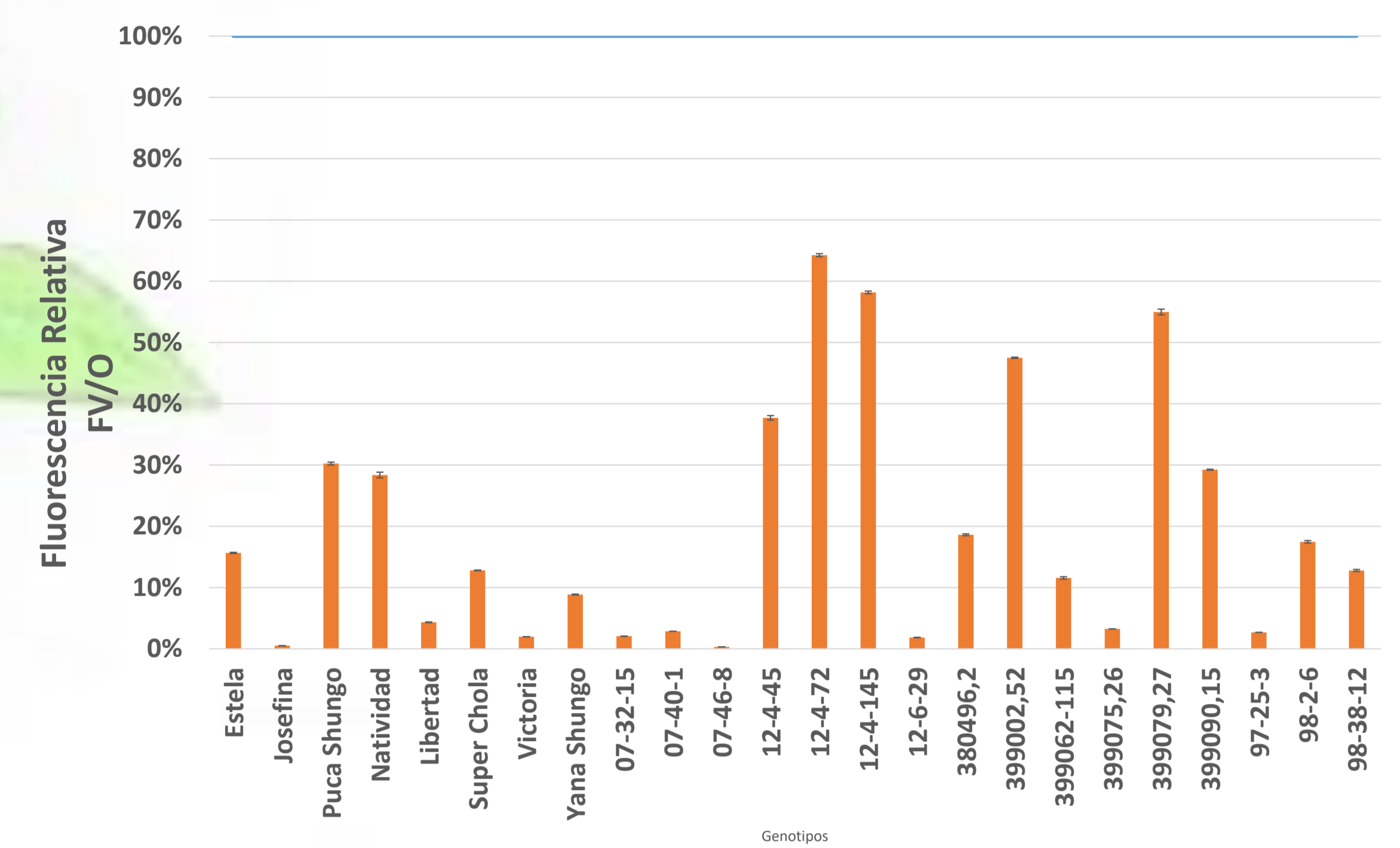
Porcentaje de Índice de Daño por Fuga de Electrolito Después del Estrés de Calor



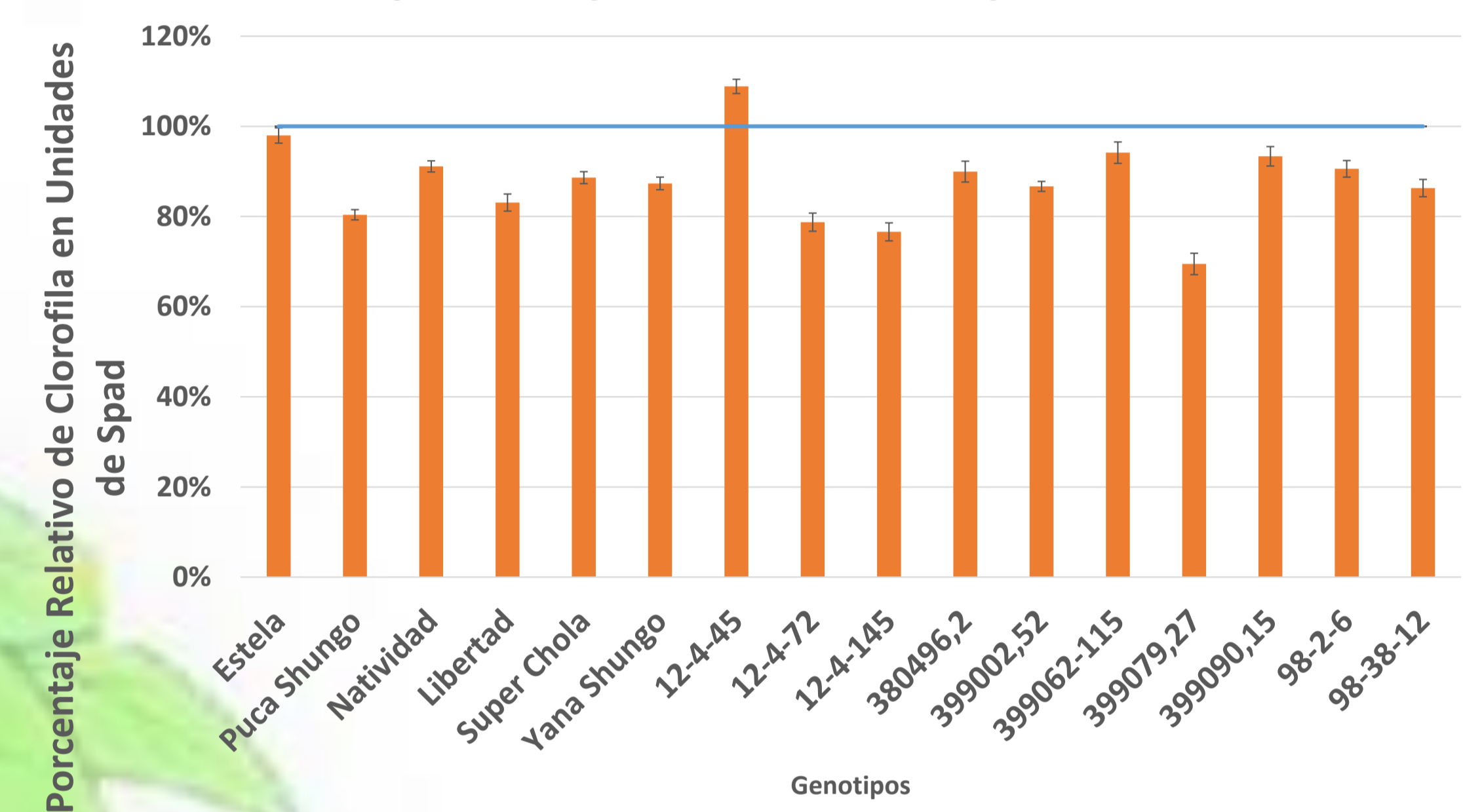
Porcentaje Relativo de la Conductancia Estomática Después del Estrés de Calor



Porcentaje Relativo de Fluorescencia Después del Estrés por Calor



Porcentaje Relativo del Contenido de Clorofila Después del Estrés por Calor



Conclusiones

- ✓ En función de los resultados obtenidos a 38 °C durante 48 horas, se clasifican como los más tolerantes a los siguientes genotipos: Natividad, 12-4-72, 12-6-29, 399062-115, 399090,15. Mientras que los genotipos más susceptibles a las altas temperaturas mediante esta metodología son los siguientes: Libertad, Victoria, 07-32-15, 07-40-1, 07-46-8, 97-25-3, 98-2-6.
- ✓ Se encontró correlación entre las metodologías de daño celular (fuga de electrolitos) y daño foliar (escala visual). El genotipo que no guarda concordancia entre la escala visual y la fuga de electrolitos es libertad.
- ✓ Todos los genotipos disminuyen la tasa de transpiración por debajo del 60% en comparación con el estado basal sin estrés y los únicos genotipos que tienen una tasa de transpiración más alta del 30% son los siguientes: Estela; Puca Shungo; Yana Shungo; 07-40-1; 380496,2; 399062-115 y 98-2-6. Por otra parte, los genotipos que reducen la tasa de transpiración menor al 15% son los siguientes: Victoria; 07-32-15; 07-46-8; 12-4-72; 399002,52; 399075,26 y 97-25-3.
- ✓ Con respecto a la fluorescencia, los genotipos que presentaron una mayor actividad son los siguientes: Natividad, 12-4-45, 12-4-72, 12-4-145, 399002,52, 399079,27, 399090,15. Finalmente, los genotipos que presentan una actividad baja son Josefina, Libertad, Victoria, Yana Shungo, 07-32-15, 07-40-1, 07-46-8, 12-6-29, 399075,26, 97-25-3.
- ✓ Finalmente, no existe una correlación directa entre el nivel de daño evaluado por una escala visual y el contenido de clorofila después del estrés por frío.

Agradecimientos:

A la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO) por su apoyo con el proyecto: "Marker-assisted selection for potato germoplasm adapted to biotic and abiotic stresses caused by global climate change". LoA/TF/W3B.PR-05/PERU/2016/AGDT



Food and Agriculture Organization of the United Nations



Bibliografía

- Flint, H. et al. 1967. Index of injury-a useful expression of freezing injury to plant tissues as determined by the electrolytic method. Canadian Journal of Plant Science. Vol 47: p. 29-30.
- Vega, S., y Bamberg, J. 1995. Screening the U.S. potato collection for frost hardiness. American Potato Journal 72: p 13-21.