



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

Esteban Espinosa-Cordova^{1,7}, Darío Ramírez-Villacis^{1,7}, Hernán Ramos^{1,7}, Solbay Segovia^{1,7}, Alexis Corrales^{1,7}, Felipe Griffin^{1,7}, Isabel Romo^{1,7}, Renato León^{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; eespinosac@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 PAPAOLIMA (FAO-IT PGRFA), con fondos de la Unión Europea)

Introducción

Las temperaturas bajas o heladas son uno de los factores abióticos que más daños causan en la producción de papa a nivel mundial, por lo que muchos esfuerzos se han realizado para evitar el daño provocado por el frío. Entre las soluciones más viables es el desarrollo de genotipos que sean más tolerantes a los cambios ambientales y la baja de temperatura. Esta investigación evalúa el daño por frío en veintidós genotipos mediante la utilización de las metodologías de nivel de daño con la utilización de una escala visual e índice de daño por fuga de electrolitos. Además evalúa las respuestas fisiológicas después del estrés por frío usando la medición de la apertura estomática, la medición de la actividad del fotosistema II, y el contenido de clorofila en las plantas. Utilizando un diseño experimental en bloques completamente al azar con tres repeticiones se evaluaron las metodologías utilizadas mediante una comparación de los niveles de tolerancia de los 24 genotipos. Las variedades comerciales utilizadas para este estudio fueron las siguientes: Estela; Josefina; Libertad; Natividad; Puca Shungo; Superchola; Victoria; Yana Shungo, mientras que los genotipos promisorios obtenidos de programas de mejoramiento genético utilizados 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; 98-2-6. Los genotipos anteriormente mencionados, se sometieron a la baja de temperatura extrema (-3 °C) para determinar su tolerancia o susceptibilidad a dichas condiciones.

Metodología

Para el tratamiento de baja de temperaturas, se ubican las plantas a las 5 de la tarde del día anterior al tratamiento en el cuarto frío. Se prende el cuarto frío a las cuatro de la mañana, este se demora aproximadamente una hora hasta llegar a los -3°C. Alcanzada dicha temperatura se somete a tres horas de exposición. Una vez transcurrido dicho tiempo se establece una temperatura de 0°C durante un tiempo de exposición de media hora, posteriormente se somete a una temperatura de 4°C durante media hora más. Se apaga el cuarto frío y se espera una hora con el fin de bajar la humedad relativa y aumentar la temperatura.

A continuación se toman cinco discos de hoja por planta, los cuales se ponen en un tubo de precipitación con 10 ml de agua destilada, posteriormente con la fórmula descrita por Flint (1966) se calcula el índice de daño producido por la fuga de electrolitos, se realizan ocho repeticiones por genotipo. Para tomar los datos de fluorescencia de la clorofila, contenido de clorofila y la conductancia estomática se utiliza la primera hoja completamente expandida del tercio superior de cada una de las plantas, con el fin de reducir la variabilidad dependiendo de la madurez de la hoja. Para cada uno de los parámetros anteriormente mencionados, se realizan cuatro repeticiones. Por último, una vez transcurridos tres días después del tratamiento se fotografian las doce plantas sometidas al estrés, de las cuales se utilizan las cuatro imágenes que mejor representan la afección de cada genotipo para armar la Figura 1. Posteriormente, con las doce imágenes obtenidas, se realiza la escala de daño visual basándose en el nivel de daño producido al tejido foliar a cada uno de los genotipos.

Resultados

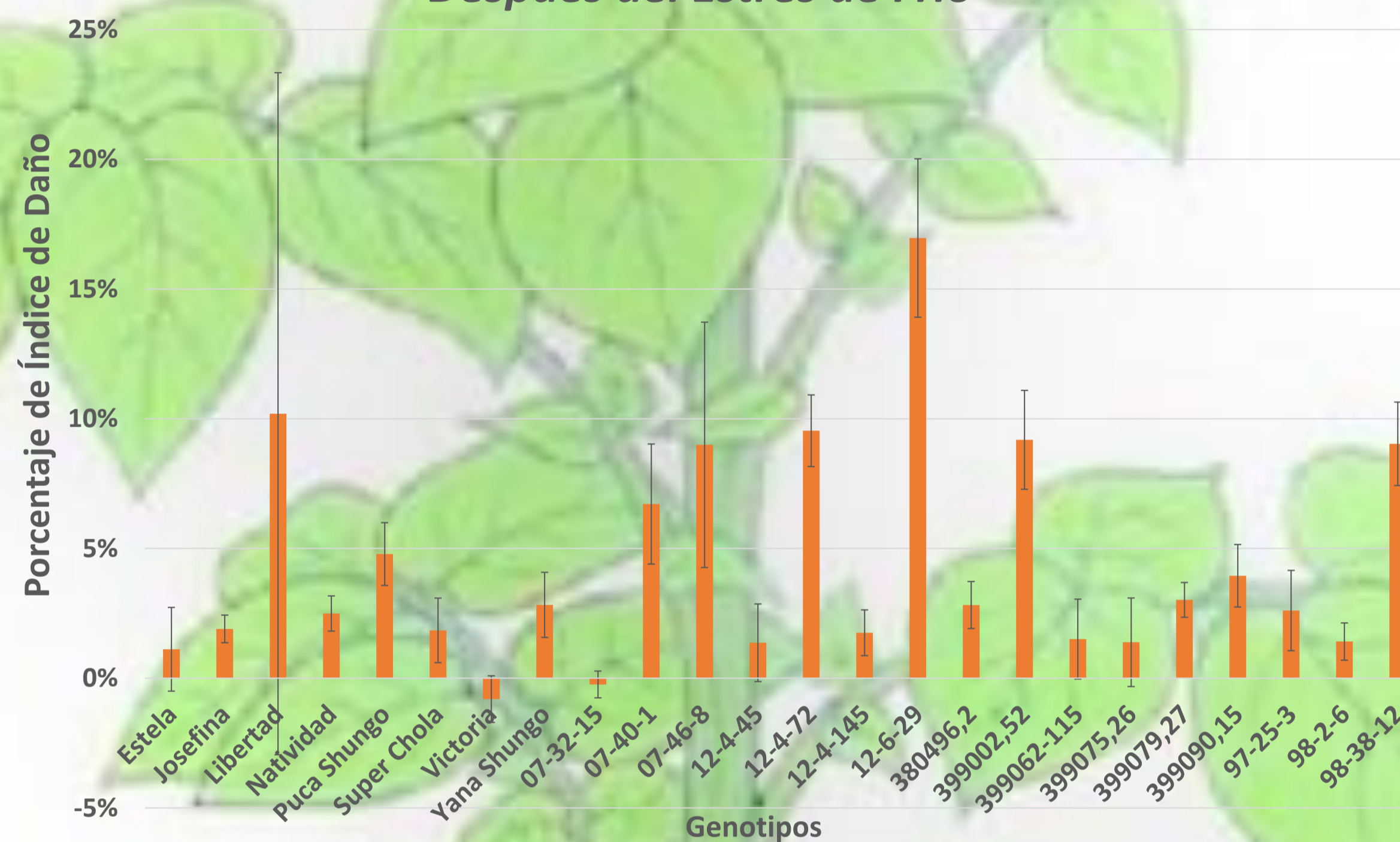
Figura 1 Imágenes obtenidas del resultado de los ocho diferentes genotipos comerciales con los cuales se llevo a cabo la experimentación, el antes y después del tratamiento de frío a -2,5 °C durante 3 horas de exposición.

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

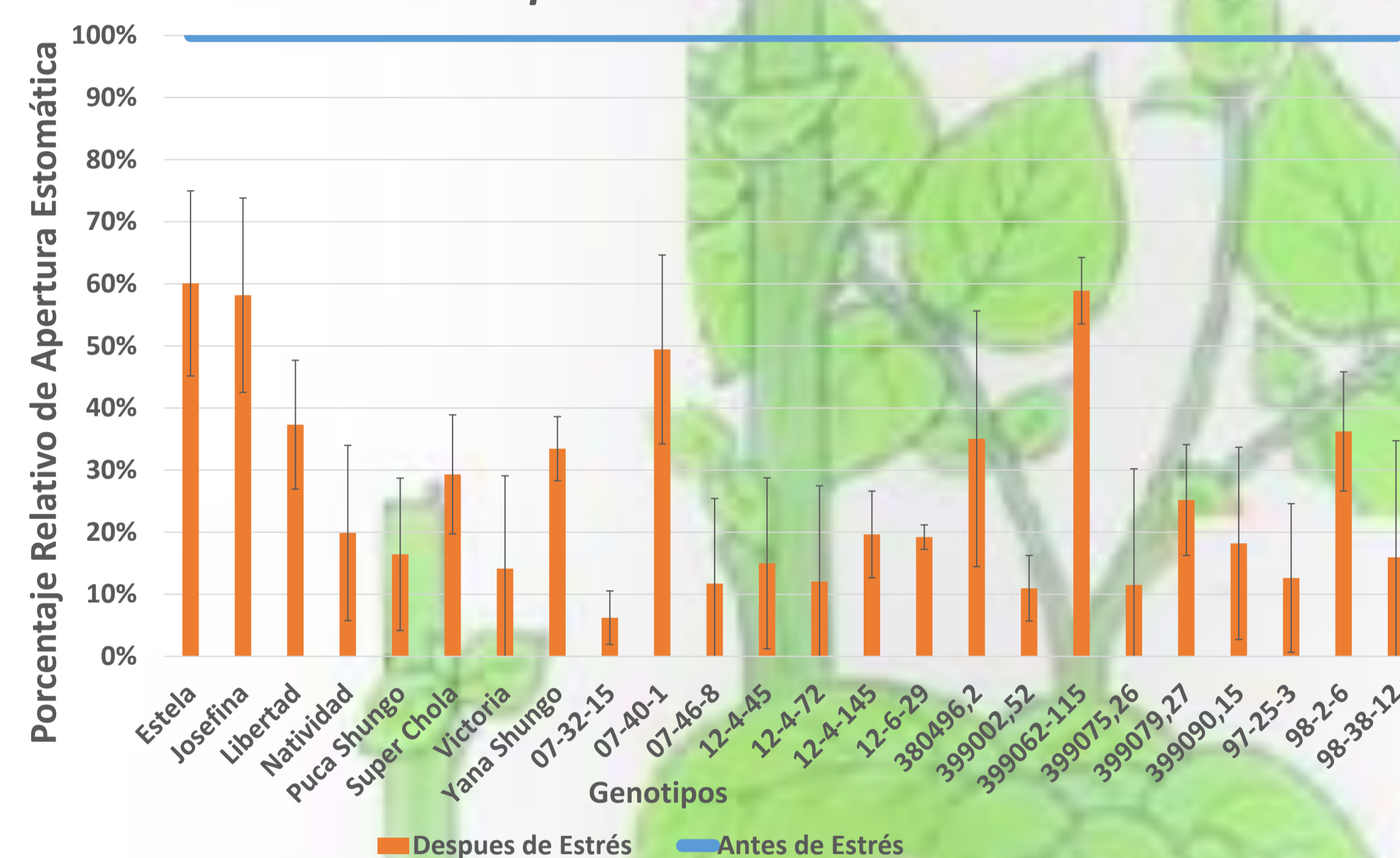
Porcentaje de Daño Después del Estrés de Frío Evaluado por una Escala Visual



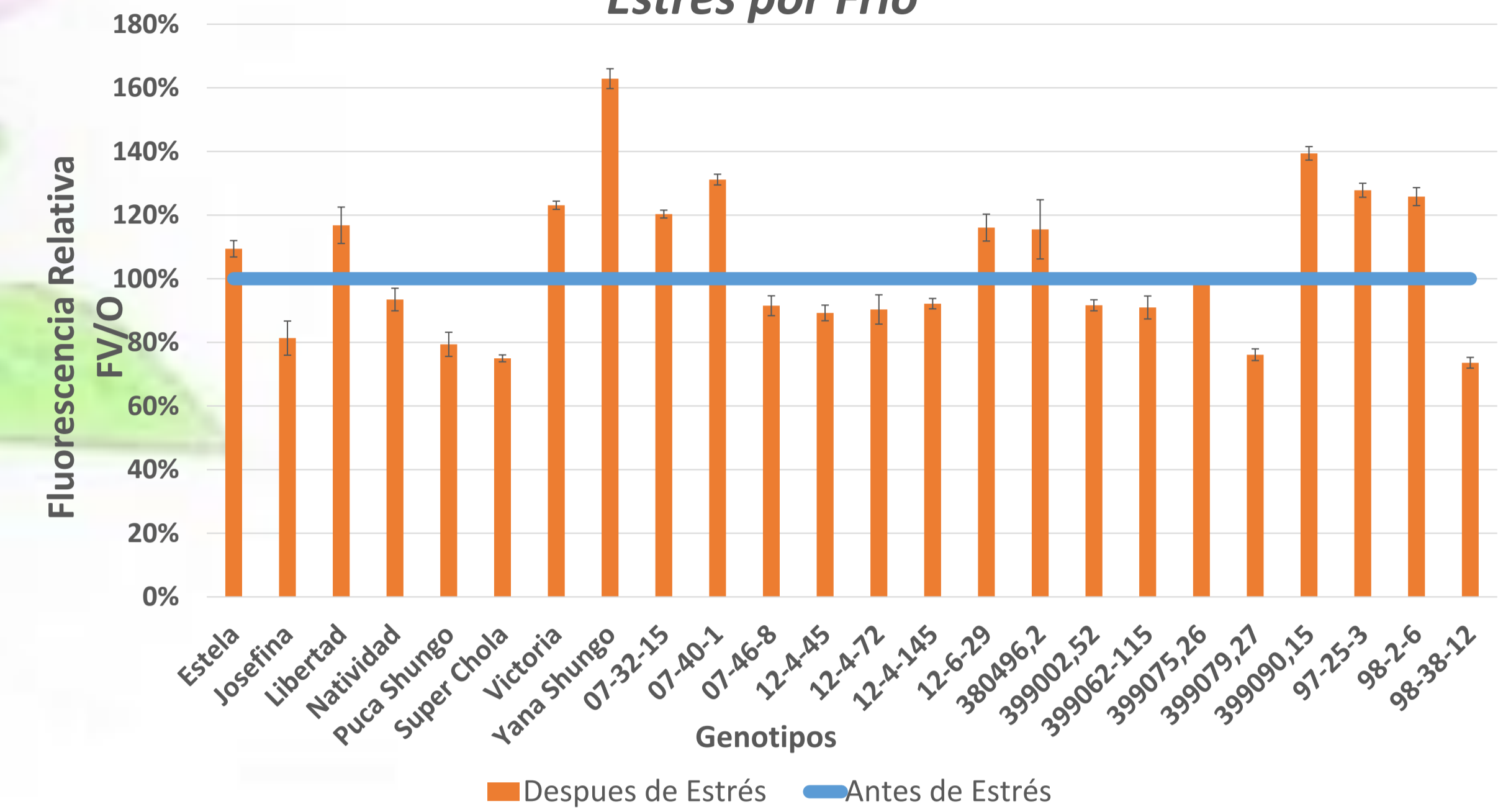
Porcentaje de Índice de Daño por Fuga de Electrolito Después del Estrés de Frío



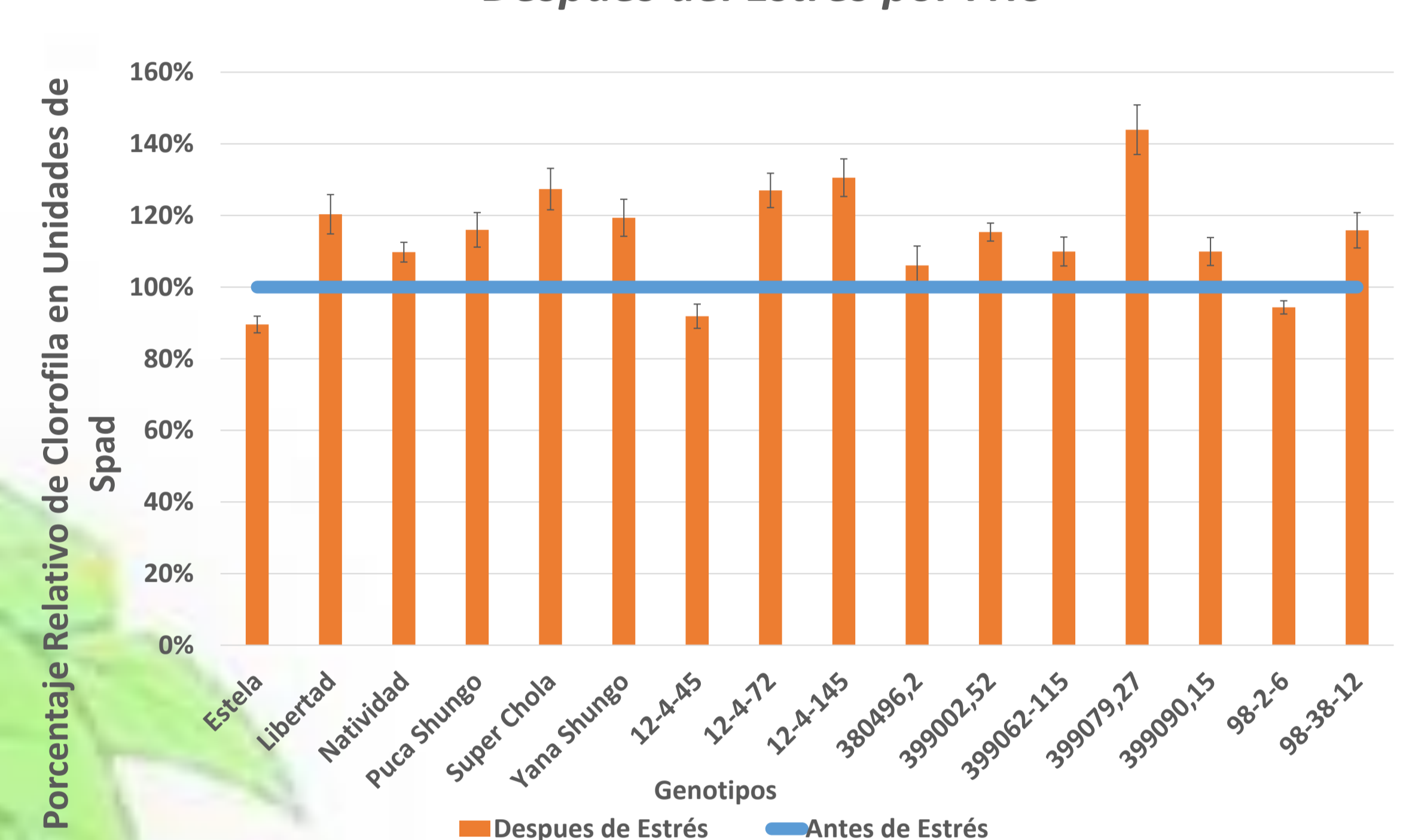
Porcentaje Relativo de la Conductancia Estomática Después del Estrés de Frío



Porcentaje Relativo de Fluorescencia Después del Estrés por Frío



Porcentaje Relativo del Contenido de Clorofila Después del Estrés por Frío



Conclusiones

- ✓ De acuerdo con el daño foliar evaluado con la escala visual, las variedades tolerantes fueron: Estela; Josefina; Puca Shungo; Superchola; Victoria; 07-32-15; 12-4-45; 12-4-72; 399062,115; 399075,26; 399090,15 y 98-2-6. Por otro lado, las variedades susceptibles fueron Natividad; 07-40-1 y 98-38-12.
- ✓ Se encontró correlación entre las metodologías de daño celular (fuga de electrolitos) y daño foliar (escala visual). Los genotipos que no tienen concordancia entre la escala visual y la fuga de electrolitos son los siguientes: Natividad y 380496,2.
- ✓ 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; Josefina; 07-40-1 y 399062,115. Por otro lado, los genotipos que reducen la tasa de transpiración alrededor de 10% son los siguientes: 07-32-15; 07-46-8; 12-4-72; 399002,52; 399075,26 y 97-25-3.
- ✓ Los genotipos que mostraron la mejor respuesta de acuerdo con la escala visual, tienen niveles de FV/O aumentados después de haber estado expuestos a condiciones frías. Los genotipos que se vieron más afectados por las condiciones frías mostraron una disminución del nivel de FV / O.
- ✓ 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



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.