

## VARIABILIDAD CLIMÁTICA: EFECTOS DEL EXCESO Y DÉFICIT HÍDRICO EN LA ECOFISIOLOGÍA DEL PERAL

Georgina Paula García Inza<sup>1</sup>, y Lucía Bentancor de León<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Programa Nacional de Investigación en Producción Frutícola, Estación Experimental INIA Las Brujas, Canelones, Uruguay, ggarciainza@inia.org.uy, lbentancor@inia.org.uy

**Palabras clave:** portainjertos, anegamiento, conductancia estomática, rendimiento, calidad de fruto.

### Introducción

El cultivo de la pera (*Pyrus communis*) en Uruguay ocupa 562 ha distribuidas principalmente en los departamentos de Canelones, San José, Montevideo y Colonia. La variedad Williams es la cultivada en mayor proporción, ya que es un producto con un gran potencial exportador. Sin embargo, la producción de peras en Uruguay no es estable y presenta una gran variabilidad interanual (DIEA, 2020). Estas diferencias en la producción pueden deberse tanto a factores genéticos como ambientales.

En Uruguay los valores de precipitaciones acumuladas van de los son de 1200 a 1600 mm anuales en promedio, sin embargo, se registra variabilidad interanual en la distribución mensual de las precipitaciones, generando períodos de exceso y déficit hídrico (Castaño et al., 2011; Tiscornia et al., 2016). El fenómeno ENSO, explica en parte esta variabilidad, sobre todo en los valores de precipitaciones de Sudamérica, incluyendo al territorio uruguayo (Penalba y Rivera, 2016). En especial en años de altos valores de índices de oscilación sur, la probabilidad de que se den precipitaciones por debajo del promedio nacional se incrementa, sobre todo entre los meses de octubre y diciembre (Pisciottano et al., 1994). Por otro lado, las proyecciones vinculadas al cambio climático prevén aumento en las precipitaciones de alta intensidad y corta duración para estas latitudes (Giménez et al., 2009).

Estas situaciones exponen a los cultivos perennes a estrés, tanto por exceso como por déficit hídrico. Este trabajo tiene como objetivo estudiar las respuestas ecofisiológicas de perales y portainjertos de pera a estas condiciones de estrés. Se plantearon las siguientes interrogantes: ¿Hay portainjertos mejor adaptados a situaciones de anegamiento del suelo? y ¿Qué impacto tiene en el rendimiento, la calidad y postcosecha de la pera un período de estrés hídrico prolongado? A continuación, se presentan los principales resultados obtenidos en dos ensayos realizados en INIA Las Brujas.

### ¿Hay portainjertos mejor adaptados a situaciones de anegamiento del suelo?

El peral es un cultivo bimembre, en el que se utiliza una variedad o especie determinada como portainjerto y otra distinta como injerto que es la que tiene relevancia productiva por las características de los frutos. El portainjerto genera raíces y está en contacto con el ambiente edáfico. Las situaciones de anegamiento provocan cambios en el suelo (cómo en la tasa de difusión de oxígeno, pH, etc), que pueden tener consecuencias importantes en el metabolismo de las plantas.

Para dar respuesta a la interrogante planteada, se planteó un ensayo en macetas en los que se utilizaron cinco portainjertos, tres del género *Pyrus*: *Pyrus calleryana* (PC), OHxF 333, OHxF 40 y dos del género *Cydonia*: Adams y BA29. Se seleccionaron 24 plantas de cada portainjerto de tamaño homogéneo. La mitad de las plantas recibieron el tratamiento de “anegamiento” (A), en

el que las macetas tuvieron agua 5 cm por encima de la superficie de la tierra entre el 21/11/19 y el 21/02/20, luego el agua fue drenada y continuaron con riego a capacidad de campo. El tratamiento control permaneció siempre regado a capacidad de campo y con el suelo bien drenado.

### Cambios en el estado hídrico de las plantas

El estado hídrico de las plantas es un buen predictor del crecimiento, plantas que sostienen el estado hídrico aún en situaciones de estrés tienen un mayor crecimiento. Esta variable se estimó mediante el seguimiento de la *conductancia estomática*. La conductancia cuantifica el intercambio de agua entre la planta y la atmósfera. Se pudo determinar que los portainjertos de membrillero (Adams y BA29) respondieron rápida y negativamente al anegamiento, a los 7 días de anegamiento la conductancia estomática disminuyó 30% comparado con las plantas drenadas (Cuadro 1). El mismo nivel de caída se observó a los 30 días en el caso de los portainjertos de *Pyrus*.

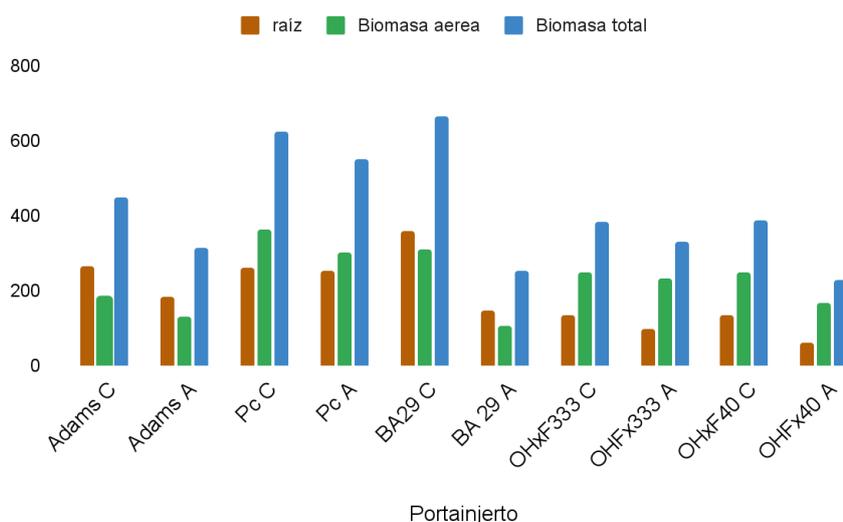
**Cuadro 1.** Seguimiento de la conductancia estomática ( $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{seg}^{-1}$ ) de los portainjertos de peral. Los tratamientos fueron: anegamiento (macetas saturadas de agua a 5 cm de la superficie del sustrato) y control (plantas regadas y drenadas). El seguimiento se realizó durante todo el período de tratamiento (21/11/19 y el 21/02/20), y hasta la caída de follaje otoñal para evaluar el período de recuperación.

Portainjerto	Tratamiento	7 días	30 días	60 días	90 días	Recuperación
Adams	control	442.5	413.1	399	208.3	359.1
	anegado	320.0	128	163.0	148	330.8
<i>P. Calleryana</i>	control	402.4	360.1	224.4	150.5	218.7
	anegado	349.5	153	81.0	134.0	247.0
BA 29	control	445.8	468	436.3	328.0	413.5
	anegado	316.5	254.4	73.0	100.0	347.0
OHxF 333	control	433.3	476.3	409.8	355.5	397.0
	anegado	390.3	280.3	348.0	232.0	343.0
OHxF 40	control	449.0	492.3	481.9	344.0	456.3
	anegado	473.5	330	391.1	299.0	235.0

Al finalizar los tres meses de anegamiento, las macetas fueron drenadas y se evaluó la recuperación del estado hídrico. Se observó que a excepción de OHxF 40, el resto de los portainjertos restableció el estado hídrico. Si bien el estrés fue intenso y entre las diferencias en la conductancia se sostuvieron a lo largo del período, todas las plantas sobrevivieron.

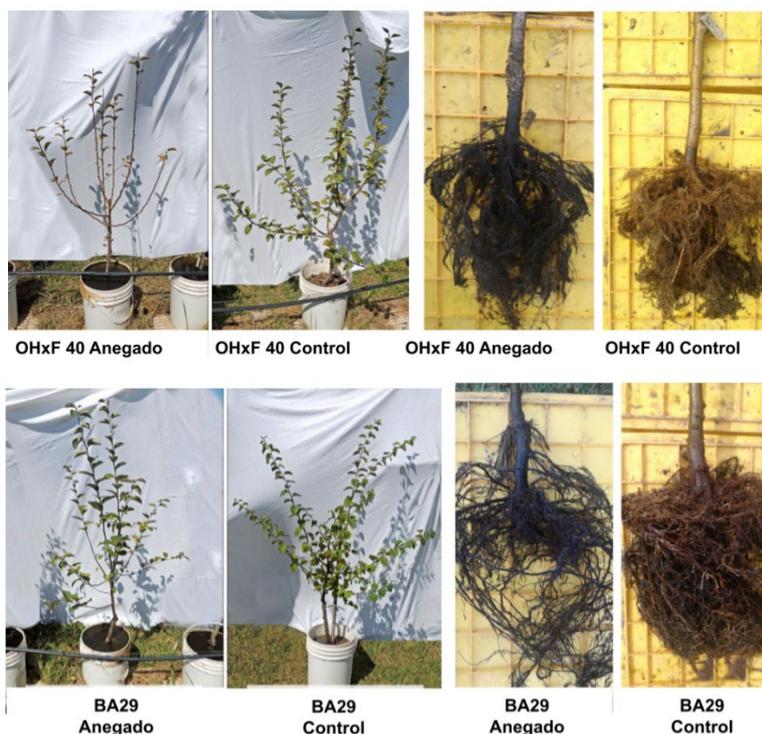
### Producción de biomasa

La producción de biomasa total fue menor en plantas anegadas que en las plantas control (Figura 1). Los portainjertos que más restringieron la acumulación de biomasa por efecto del anegamiento fueron BA29 y OHxF 40. En contraposición, PC y OHxF 333 fueron los que menores diferencias mostraron entre los tratamientos.



**Figura 1.** Cambios en la partición de biomasa subterránea (marrón), biomasa aérea (verde) y biomasa total (celeste) en portainjertos de peral luego de tres meses de anegamiento. Se aplicaron dos tratamientos: anegamiento “A” (macetas saturadas de agua a 5 cm de la superficie del sustrato) y control “C” (plantas regadas y drenadas), desde 21/11/19 al 21/02/20

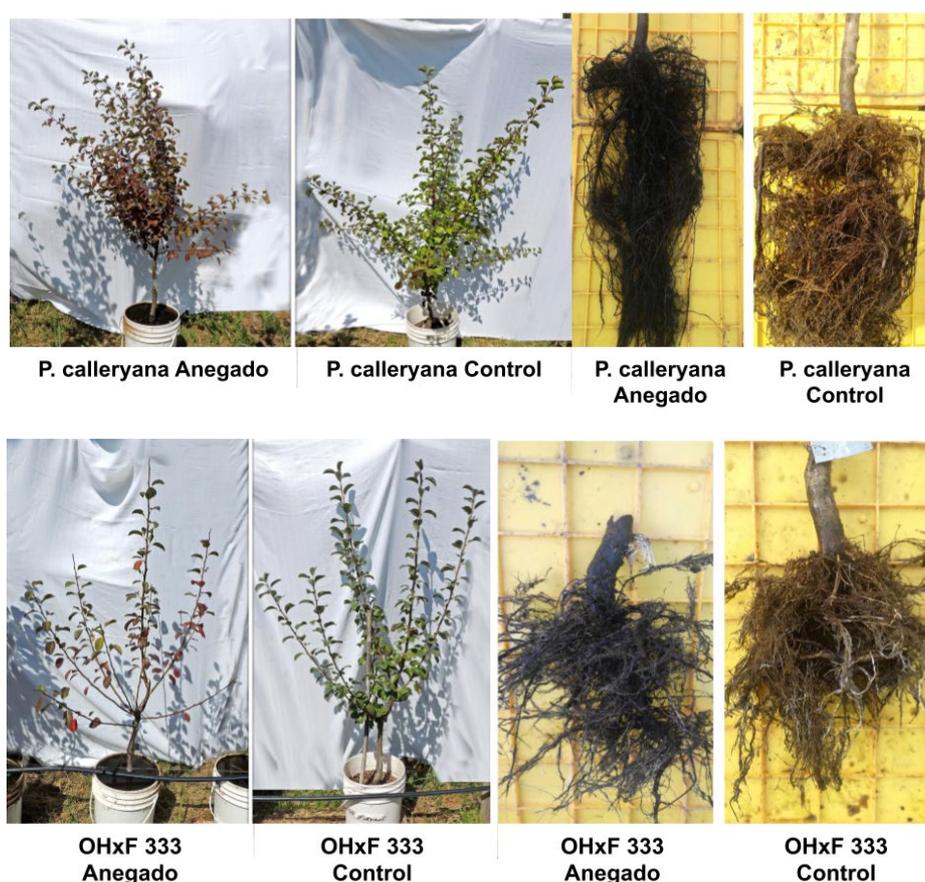
Las diferencias en biomasa entre los tratamientos en BA29 y OHxF 40 fueron corroboradas visualmente (Figura 2). OHxF 40 tuvo menos desarrollo de biomasa aérea y defoliación parcial en el tratamiento A respecto al control, además las raíces perdieron estructura. El tratamiento A en BA 29 generó una caída en el crecimiento de biomasa aérea y radical de magnitud similar al compararlo con el control. BA 29 desarrolló raíces adventicias sobre el tronco, por arriba de la superficie de la tierra (Figura 2), constituyendo una respuesta morfológica al anegamiento.



**Figura 2.** Vistas de ejemplares representativos de OHxF 40 (panel superior) y BA 29 (panel inferior). A la izquierda se observa la biomasa área y a la derecha las raíces

Los portainjertos que menos biomasa perdieron como consecuencia del anegamiento pueden observarse en la Figura 3. Se observó que tanto PC como OHxF 333 sintetizaron pigmentos rojos (antocianinas) en el follaje. El portainjerto OHxF 333 perdió parcialmente hojas, mientras que PC las sostuvo.

En resumen, el portainjerto más susceptible al estrés por anegamiento sostenido por 90 días fue OHxF 40. Este portainjerto redujo su crecimiento, mostró defoliación parcial y baja capacidad de recuperación una vez drenado el suelo. Los portainjertos más tolerantes fueron PC y OHxF 333 ya que fueron los que redujeron en menor proporción el crecimiento de la biomasa aérea y radical y recuperaron el estado hídrico una vez drenado el suelo. Por último, no se registró muerte de las plantas durante el período experimental en ninguno de los portainjertos evaluados.



**Figura 3.** Vistas de ejemplares representativos de PC (panel superior) y OHxF 333 (panel inferior). A la izquierda se observa la biomasa aérea y a la derecha las raíces.

### ¿Qué impacto tiene en el rendimiento, la calidad y postcosecha de la pera un período de estrés hídrico prolongado?

#### Introducción

En este ensayo se plantea responder cómo afecta la variabilidad climática típica de Uruguay a la productividad de los perales, evaluando el efecto del déficit hídrico progresivo durante el crecimiento del fruto.

Los tratamientos aplicados fueron la combinación de dos niveles de riego y dos portainjertos diferentes en árboles de pera cv. Williams (Cuadro 2). Los niveles de riego fueron: árboles con

riego localizado (R) y árboles sin oferta hídrica (SR), durante un periodo de 41 días. Aplicándose desde el 23/12/20 hasta la fecha de cosecha, 2/2/21. Los portainjertos evaluados fueron: OHxF 333 y *Pyrus calleryana* (PC). La superficie de suelo de las filas de los árboles tratados se cubrió con una capa de nylon, con el objetivo de evitar el ingreso de agua al suelo por precipitación.

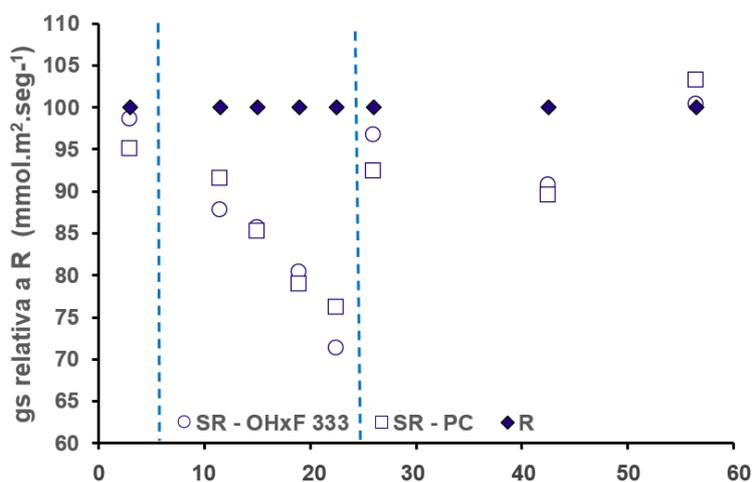
**Cuadro 2.** Combinación de factores que conformaron los tratamientos aplicados en el experimento

Régimen hídrico	Portainjerto	Tratamiento
Riego	<i>P. calleryana</i>	R-PC
Riego	OHxF 333	R-OHxF333
Sin riego	<i>P. calleryana</i>	SR-PC
Sin riego	OHxF 333	SR-OHxF333

**Estado hídrico**

Se monitoreó el estado hídrico de los árboles a medida que el déficit hídrico se incrementaba progresivamente en los árboles tratados. En este ensayo el indicador que representó el estado hídrico de los árboles fue la conductancia estomática.

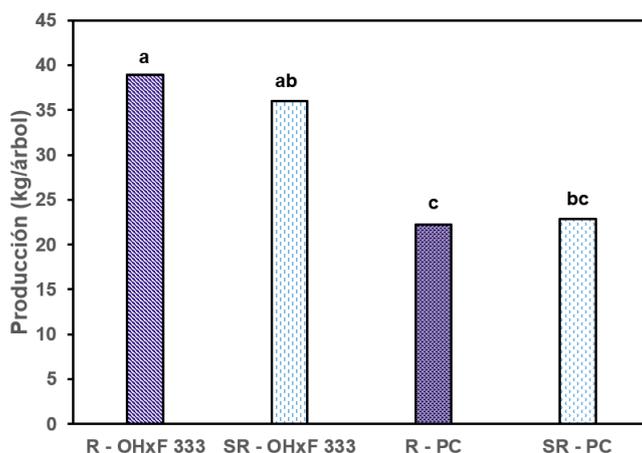
En la Figura 4, se puede apreciar la conductancia estomática relativa de los árboles regados (R-PC y R-OHxF333), respecto a los árboles que no tuvieron oferta hídrica (SR-PC y SR-OHxF333) a lo largo del periodo en el cual transcurrió el ensayo. En la medida que avanzó el periodo de aplicación de los tratamientos, la conductancia estomática de los árboles tratados (SR-PC y SR-OHxF333) disminuyó progresivamente respecto a los tratamientos: R-PC y R-OHxF333.



**Figura 4.** Conductancia relativa de los tratamientos sin riego localizado (SR) sobre dos diferentes portainjertos: *Pyrus calleryana* (PC) y Old Home x Farmingdale 333 (OHxF 333), respecto al tratamiento con riego localizado (R-PC y R-OHxF333), donde las líneas partidas verticales delimitan el período de tratamiento

**Producción**

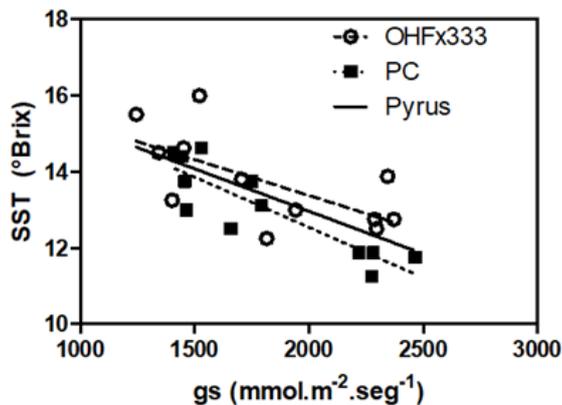
Se evaluó la producción a cosecha, donde se determinó que no hubo diferencias en los kg/árbol obtenidos en árboles tratados con los diferentes regímenes hídricos (riego y sin riego). Sin embargo, se observó que los árboles con portainjerto OHxF 333 presentaron una producción significativamente mayor con respecto a los árboles sobre PC (Figura 5).



**Figura 5.** Producción (Kg/ árbol) de los árboles tratados con los tratamientos con riego localizado (R) y los tratamientos sin oferta hídrica (SR), sobre diferentes portainjertos: *Pyrus calleryana* (PC) y Old Home x Farmingdale 333 (OHxF 333)

**Calidad**

La calidad se evaluó analizando diferentes índices de madurez y el tamaño de las peras. En el caso particular de los sólidos solubles totales, se observó que en la medida de que la sumatoria de conductancia estomática fue inferior, lo cual indica un peor estado hídrico de los árboles, el contenido de sólidos solubles de las peras fue superior. En la Figura 6, se puede apreciar el contenido de sólidos solubles totales en función de la conductancia estomática.



**Figura 6.** Sólidos solubles totales (SST) en el fruto a cosecha en función de la conductancia estomática acumulada durante el período del ensayo

Por otro lado, se evaluó la producción de etileno. El Cuadro 3, indica a partir de qué día se obtuvo la mayor producción de etileno en los frutos de los distintos tratamientos.

Los frutos provenientes del tratamiento R-PC y R-OHxF 333 presentaron la máxima producción de etileno entre los 14 y 16 DPC en promedio respectivamente, mientras que en los frutos obtenidos del tratamiento SR-PC y SR-OHxF333 tuvieron la máxima producción de etileno a los 18 y 21 DPC en promedio respectivamente. Esto indica un retraso en la producción máxima de etileno en los tratamientos sin riego.

En resumen, los resultados preliminares muestran que el déficit hídrico progresivo en peral provocó la pérdida del estado hídrico de los árboles, independientemente de los portainjertos evaluados. Mientras que en referencia a la calidad de los frutos se observó un aumento en el contenido de sólidos solubles totales y un retraso en la producción máxima de etileno.

**Cuadro 3.** Relación entre la suma de conductancia estomática durante el período de tratamiento y los días post cosecha (DPC) en los cuales se produjo la máxima producción de etileno

Tratamiento	DPC producción de etileno
R-PC	14
SR-PC	18
R-OHxF 333	16
SR-OHxF 333	21

### Conclusión

Las situaciones de exceso (anegamiento) y déficit hídrico provocaron estrés en los árboles, afectando negativamente el estado hídrico. La variabilidad climática del país expone a los cultivos a estos eventos de estrés, por lo que es importante entender los mecanismos ecofisiológicos de tolerancia que permitan identificar los cultivares mejor adaptados.

Respecto al anegamiento, se demostró que hay una serie de portainjertos bien adaptados a situaciones de estrés prolongados y con buena capacidad de recuperación, por ejemplo, PC y OHxF 333. Los próximos pasos a seguir serán probar estas especies, pero injertados y en situación de campo para corroborar la respuesta encontrada a nivel de portainjerto individual.

Respecto al déficit hídrico evaluado a campo, se observó una mejora en parámetros de calidad de fruta. Sin embargo, aún quedan interrogantes por responder, por ejemplo, si el estrés afectó la inducción floral y por lo tanto el rendimiento potencial del próximo ciclo. Este ensayo se repetirá en la zafra 2021-2022.

**Agradecimientos:** Agradecemos a Richard Franco, Rubén Nuñez y David Bianchi por la colaboración en las tareas de mantenimiento de los experimentos y la asistencia técnica.

### Referencias bibliográficas

DIEA. 2020. Anuario estadístico agropecuario 2020 [En línea]. Consultado 4 agosto 2021. Disponible en: <https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2020/ANUARIO2020.pdf>

Castaño J., Giménez A., Ceroni M., Furest J., Aunchayna R. 2011. Caracterización agroclimática del Uruguay 1980-2009. Serie Técnica N°193 [En línea]. Consultado 4 agosto 2021. Disponible en: <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/18429071209133815.pdf>

Penalba O., Rivera J. 2016. Precipitation response to El Niño/La Niña events in Southern South America - Emphasis in regional drought occurrences. *Advances in Geosciences*, 42:1–14.

Pisciottano G., Diaz A., Cazes G., Mechoso C. 1994. El Niño-Southern Oscillation impact on rainfall in Uruguay. *Journal of Climate*, 7 (8):1286 – 1232.

Tiscornia G., Cal A., Giménez A. 2016. Análisis y caracterización de la variabilidad climática en algunas regiones de Uruguay. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 42 (1):66–71.

### Financiación

Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria – INIA, Uruguay (Proyecto FR -22)