

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE PREGRADO**

**MEMORIA DE TÍTULO**

**EFECTO DE LA DESHIDRATACIÓN SOBRE LA VIABILIDAD DE  
PLANTAS “BARBADAS” DE VID**

**JUAN RAÚL CARMONA CASTRO**

**SANTIAGO - CHILE**  
**2015**

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE PREGRADO**

**MEMORIA DE TÍTULO**

**EFEECTO DE LA DESHIDRATACIÓN SOBRE LA VIABILIDAD DE  
PLANTAS “BARBADAS” DE VID**

**EFFECT OF DEHYDRATION ON VIABILITY IN BARE-ROOT VINE  
PLANTS**

**JUAN RAÚL CARMONA CASTRO**

**SANTIAGO - CHILE**  
**2015**

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE PREGRADO**

**EFFECTO DE LA DESHIDRATACIÓN SOBRE LA VIABILIDAD DE  
PLANTAS “BARBADAS” DE VID**

Memoria para optar al título profesional de Ingeniero Agrónomo

**JUAN RAÚL CARMONA CASTRO**

**PROFESOR GUÍA**

**Calificaciones**

Gabino Reginato M.  
Ingeniero Agrónomo, Mg. Sc.

6,5

**PROFESOR EVALUADORES**

Rodrigo Callejas R.  
Ingeniero Agrónomo, Dr. Sc. Agr.

6,5

Héctor Manterola B.  
Ingeniero Agrónomo, M.Sc.

7,0

**SANTIAGO - CHILE**  
**2015**

## **AGRADECIMIENTOS**

Parto agradeciendo a mis padres Ivon y Juan Carlos quienes me han acompañado y apoyado en mis decisiones y anhelos todos los días de mi vida, además de entregar mucho amor y cariño. A mis hermanos José Luis y Carlos Felipe, quienes con su insistencia en finalizar este trabajo, me ayudaron a conseguirlo.

También agradezco a mi profesor guía Gabino Reginato por su consideración, cooperación, por la paciencia y conducción entregada. También a los profesores Oscar Seguel y Paola Silva, por sus enseñanzas y colaboración permanente.

Al Vivero Nueva Vid, quienes contribuyeron con sus instalaciones y materiales para el desarrollo experimental de la memoria. Asimismo, agradecer a los trabajadores de la empresa que con su apoyo, dedicación y alegría hicieron más afable este arduo trabajo.

A mi Laury, por su continua motivación y estímulo, permanente apoyo y paciencia infinita.

A mis primos Manuel Castro y Constanza Villalobos, por su infinita solidaridad y apoyo.

A mis amigos de la Universidad, haciendo énfasis en aquellos que me apoyaron en las mediciones: Nicolás Zamorano, Nicolás Gomara y Francisca Tapia. A mis amigas Carolina Contreras y Nicole Aguayo, que ayudaron con la revisión del escrito. Y los que me apoyaron incondicionalmente en mi paso por la Universidad: Sandra Encina, Marco Garrido, Ignacio Díaz, Ismael Opazo, Pablo Díaz, María Jiménez y Juan Ovalle.

A la Universidad, a su equipo de profesores y paradocentes, que con su trabajo y dedicación contribuyeron enormemente en mi formación tanto personal como profesional, sintiéndome orgulloso de todo lo entregado.

## ÍNDICE

<b>ÍNDICE</b> .....	3
<b>RESUMEN</b> .....	4
<b>ABSTRACT</b> .....	5
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	6
<b>MATERIALES Y METODOLOGÍA</b> .....	8
Lugar de estudio.....	8
Material vegetal.....	8
Desarrollo experimental.....	9
Evaluación.....	10
Análisis de brotación.....	10
Análisis estadísticos.....	11
Discriminación de modelo no lineal.....	12
Comparación estadística de los modelos lineales.....	12
<b>RESULTADOS</b> .....	13
Efectos en la supervivencia.....	13
Efectos en la brotación y crecimiento.....	16
<b>DISCUSIÓN</b> .....	20
<b>CONCLUSIONES</b> .....	22
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	23
<b>APÉNDICES</b> .....	26
<b>ANEXOS</b> .....	34

## RESUMEN

El propósito de este estudio fue cuantificar los efectos de la deshidratación de plantas “barbadas” de vid, que se encuentran a raíz desnuda desde el arranque del vivero hasta la plantación. Durante este periodo las plantas presentan un potencial riesgo de deshidratación, que normalmente no se evalúa, y que resulta difícil de detectar, ya que las plantas no muestran síntomas evidentes. Este estudio tuvo como propósito determinar el efecto de la deshidratación sobre la brotación después de la plantación, de manera de pronosticar la sobrevivencia de plantas “barbadas” de vid en base a criterios objetivos.

El material vegetal utilizado fueron plantas “barbadas” de la variedad Red Globe injertadas sobre los patrones Freedom y Harmony, enraizadas en vivero, de un año de crecimiento y en receso. Éstas fueron dejadas a raíz desnuda y expuestas al aire, en tiempos de exposición crecientes y definidos para grupos de 25 plantas; a 5 de ellas se les determinó su condición de hidratación gravimétricamente al fin del periodo de deshidratación, y las 20 restantes fueron trasplantadas en contenedores, evaluando semanalmente brotación y crecimiento.

Las diferentes estructuras de la planta presentaron una cinética de deshidratación diferente; la raíz y el tronco fueron las estructuras más indicadas para determinar la condición de hidratación, no así la madera de 1 año, que muestra una alta heterogeneidad de los valores. Así, la condición de hidratación del tronco y raíces se relacionó con el porcentaje de sobrevivencia de los lotes de plantas al trasplante.

La condición de hidratación de la raíz y el tallo se relacionó significativamente con la profundidad de la dormancia y el potencial de crecimiento, presentando una relación inversa y directa, respectivamente. Existió una respuesta diferente entre las plantas injertadas sobre los patrones Freedom y Harmony, aunque no se observaron diferencias estadísticas; las plantas sobre patrón Harmony mostraron una mayor sobrevivencia y tolerancia a la deshidratación.

**Palabras clave:** sobrevivencia, trasplante, portainjertos, Harmony, Freedom, brotación.

## ABSTRACT

The objective of this study was to quantify the effects of dehydration in survival of bare root vine plants. The dehydration occurs between plants are digged from the nursery and they are planted in the field. The dehydration is usually not evaluated and it is difficult to detect, since plants do not show any visual evidence. So this study was established to obtain an objective criteria, to objectively determine the dehydration, in order to predict the survival of bareroot vine plants. One year old nursery plants of Red Globe grafted on Freedom and Harmony rootstocks were used. After plant were pulled out from the nursery soil their root were exposed to air for 0; 4; 8; 22; 32; 70; 128; 192 and 262 hours, on group of 25 plant. For each rootstock-time combination the hydration status was determined gravimetrically on 5 plants for lot and the remaining 20 were individually planted in containers to weekly evaluate bud break and growth.

The different plant organs showed a different dehydration kinetics, with root and trunk (2-year-old wood) being the more appropriate to determine plant hydration condition; one-year-old wood showed higher variability. The hydration condition showed by trunk and roots was used to predict success after planting.

The roots and trunk hydration was significantly related to depth dormancy and growth potential, being this relation inverse, and direct, respectively. Although there were not statistical differences between rootstocks, there was a slightly different response; plants grafted on Harmony rootstocks showed better survival and tolerance to dehydration than plants on freedom.

**Key words:** survival, Harmony, Freedom, rootstock, replant, bud break

## INTRODUCCIÓN

La propagación comercial de plantas de vid se realiza a través de métodos asexuales, utilizando la técnica de propagación por estacas. Éstas pueden ser enraizadas en contenedor o en suelo, siendo este último lo más común y comercialmente utilizado. Después de una temporada de crecimiento, en donde la planta desarrolla raíces y brotes, se procede al retiro o arranque, el cual se realiza en receso, durante el periodo de otoño-invierno. En plantas caducifolias, el receso es el estado más tolerante al trasplante y a la deshidratación, lo cual depende de la especie y variedad (Englert et al., 1993; Murakani et al., 1990). De igual forma ocurren en las plantas de la vid, las que pueden estar lo suficientemente grandes para arrancarse después de una estación de crecimiento (Hartman y Kester, 1988). Se recomienda que el arranque se debe realizar en días frescos, nublados y sin viento, o incluyendo prácticas culturales, como el tapado de raíces con carpas, con el objetivo de disminuir la deshidratación durante el retiro del terreno del vivero; es deseable que el cepellón al ser extraído, mantenga el sustrato y conserve la humedad en las raíces, condiciones que disminuirían la deshidratación de las plantas (Englert et al., 1993; Hartmann et al., 2002; Hartmann y Kester, 1988), lo que muchas veces en la práctica no se realiza.

Las plantas al ser arrancadas y posteriormente dejadas en la condición raíces desnudas, que comúnmente se les llaman plantas “barbadas”, son seleccionadas y posteriormente llevadas a un sitio conveniente para su conservación: almacén frío, plantarlas en forma definitiva, o mantenerlas en un sistema “*healing-in*”, que consiste en colocar las plantas en un trinchera con las raíces cubiertas con materiales sueltos, como viruta de madera, arena o la combinación de ambos (Englert et al., 1993; Gil-Albert y Velarde, 1998; Hartmann et al., 2002; Hartmann y Kester, 1988; Schuch et al., 2007). Cualquier método utilizado para disminuir la deshidratación es conveniente para la postcosecha de las plantas barbadas (Hartmann et al., 2002).

Se cree que el estrés por deshidratación durante la poscosecha de plantas barbadas de vivero es una de las razones del pobre rebrote o de la muerte regresiva después del trasplante (Englert et al., 1993; Englert et al., 1991; Murakami et al., 1990). Por tanto, en las operaciones del vivero hasta la plantación existe una preocupación general por el estado de hidratación de las plantas, en donde se ha observado que ellas pierden agua desde el momento del arranque hasta la plantación definitiva en los huertos, observándose una reducción del potencial de crecimiento y en la calidad (Aguirre et al., 2001; Mckay, 1996; Murakami et al., 1990; Schuch et al., 2007). Es por eso que en la manipulación de plantas barbadas se toman medidas en contra de la deshidratación, que pueden ser vitales para la sobrevivencia, establecimiento y el potencial de crecimiento postrasplante (Murakami et al., 1990).

Como menciona Mckay (1996), antiguamente en el Reino Unido, los viveros eran pequeñas áreas para una producción local y cercanas a los lugares de plantación, sin embargo, ahora son empresas de gran escala, muchas veces mecanizadas y emplazadas cientos de kilómetros de los lugares de plantación, haciéndose cada vez más prolongado y complejo las operaciones de entrega de plantas. Esta realidad no es distinta a las presentadas en Chile, en donde los



viveros se encuentran muchas veces en la zona central y las plantas son transportadas cientos de kilómetros, tanto al norte como al sur e incluso fuera del país. Las condiciones de transporte muchas veces no son las más adecuadas, donde la planta puede estar expuesta a deshidratación, congelamiento y aumento de las temperaturas. Es así como cada operación de manejo adicional antes de la plantación puede someter a las plantas a un potencial daño (Mckay, 1996).

La vid se conoce como una especie tolerante al déficit hídrico (Keller, 2010b), pero no se ha estudiado su comportamiento a la deshidratación durante las operaciones de arranque, almacenamiento, transporte y plantación. Cada año se inician nuevas plantaciones de vid, en donde son producidas y transportadas millones de plantas, pudiéndose producir malos manejos en la operación, tanto por parte del vivero como de los encargados de los nuevos huertos, pues durante todo el proceso de trasplante es donde se presenta un alto riesgo de deshidratación (Chen et al., 1991; Mckay, 1996; Remmick, 1995; Schuch et al., 2007). Por otro lado, la deshidratación es un factor que resulta difícil de evaluar, debido a que no se observan síntomas en las plantas sin hojas (Chen et al., 1991), lo que tampoco se ha evaluado en vid y que resulta determinante al momento de identificar fallas o responsables en el proceso de plantación de un nuevo huerto.

El objetivo de este trabajo es determinar un criterio objetivo y cuantitativo para estimar el éxito del establecimiento de plantas de vid, basado en la hidratación de las plantas.

## MATERIALES Y METODOLOGÍA

### Lugar de estudio

El estudio se realizó entre los meses de julio y diciembre de 2009 en las instalaciones del vivero NuevaVid, ubicado en la ruta H-38 en el sector de La Punta, Comuna de Malloa, Región del Libertador Bernardo O'Higgins, Chile.

### Material vegetal

Se utilizaron plantas de la variedad Red Globe injertadas sobre los patrones Freedom y Harmony, plantas que fueron enraizadas en terreno, de una temporada de crecimiento y en receso.

Red Globe es una variedad de bajo vigor, de baya roja de irregular color y grande. (Rizk-Alla et al., 2011). Freedom y Harmony son patrones provenientes del cruzamientos 1613C x *Vitis Champini*, de eventos diferentes; Freedom se caracteriza por presentar un vigor alto, alta tolerancia a nematodos y resistencia moderada a alta al daño por *Xiphinema index*, de moderada a baja resistencia a *Phylloxera*, además de estar descrito por presentar tolerancia moderada a la sequía. Harmony, por su parte, es un patrón de vigor moderado a alto, moderada a alta resistencia a los nematodos y moderada a alta resistencia al daño por *Xiphinema index*, baja a moderada resistencia a *Phylloxera*, con moderada tolerancia a la sequía (Christensen, 2003).

Las plantas seleccionadas presentaron aproximadamente 1,5 cm de diámetro de tronco, con un largo aproximado de 40 cm, y una extensión de raíces entre 40 y 60 cm, con algunas diferencias morfológicas entre los patrones. Si bien la proporción de cada estructura no fue sustancialmente diferente (Cuadro 1), Harmony presenta raíces de un color más claro y se caracterizó por presentar raíces más gruesas y con la presencia de 3 a 5 raíces principales. Freedom presentó una morfología radicular fasciculada, de un color marrón a rojizo, y con una extensión menor que las observadas en Harmony (Apendice I).

Cuadro 1. Caracterización en base al peso seco de las planta empleadas en el ensayo.

Variedad	Estructura	Peso seco	Proporción
		g	%
Harmony	Tronco (T)	16,2 ± 3,6	49
	Raíz (R)	10,9 ± 2,8	33
	Brote 1 año (B1)	6,2 ± 2,8	19
	Total (To)	33,3 ± 6,9	100

Variedad	Estructura	Peso Seco	Proporción
		g	%
Freedom	Tronco (T)	18,8 ± 5,4	46
	Raíz (R)	13,4 ± 5,4	33
	Brote 1 año (B1)	8,9 ± 4,8	22
	Total (To)	41,1 ± 14	100

### Desarrollo experimental

Las plantas fueron cosechadas del vivero el día 3 de julio, e inmediatamente fueron seleccionadas de acuerdo a criterios de: grosor de tronco, tamaño y número de raíces, vigor del brote y calidad de la unión variedad-patrón, siendo clasificadas en plantas de 1° y 2° categoría, y descarte. Para el ensayo se usaron plantas de primera categoría, las que se seleccionaron por presentar una extensión y desarrollo radicular mayor, tronco y brote de diámetro mayor que las plantas de las otras categorías, y la unión patrón-variedad de callo uniforme y bien desarrollado. Después de clasificadas las plantas, fueron colocadas en trincheras durante 5 días, en un sustrato 100% aserrín y regadas diariamente. Luego, al ser retiradas del barbecho, se rehidrataron por 20 horas en un contenedor, donde permanecieron con las raíces cubiertas por agua.

Una vez transcurrido el tiempo de rehidratación, las plantas fueron sometidas a una deshidratación no controlada, donde se mantuvieron las plantas con las raíces expuestas al aire. Para mejorar el flujo de aire y favorecer la deshidratación homogénea de las plantas, éstas fueron dejadas sobre “pallets”, estructura que permitió mantenerlas sobre el suelo, mejorando así el flujo de aire. Las condiciones ambientales durante el periodo de estudio fueron: temperatura promedio  $7,4 \pm 3,9$  °C; con una máxima 22,5 °C y una mínima absoluta de -1,5° C; humedad relativa promedio de  $82 \pm 16,7\%$ , con un mínimo del 28% (Anexo II y III).

La exposición al aire fue por un periodo de 0; 4; 8; 22; 32; 70; 96; 128; 192 y 262 horas. Por cada tiempo de exposición al aire (TEA) se extrajeron aleatoriamente 25 plantas por patrón; 5 de ellas se diseccionaron en raíces, tronco y brote de 1 año y se calculó el contenido de agua en base a la materia seca de los tejidos, con la Ec.1, a través del método gravimétrico.

$$Ag = \frac{Pf - Ps}{Ps} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

Ag: Relación entre el contenido de agua y el peso seco de tejido (g)

Pf: Peso fresco inmediatamente después del tiempo de exposición al aire (g)

Ps: Peso seco del tejido; sometido a estufa de 62°C por 72 horas (g)

De esta forma se calculó el contenido de agua en base a la materia seca de la planta completa (AgT), raíz (AgR), tronco (AgTr) y brote del año (AgB1).

Las 20 plantas restantes fueron plantadas inmediatamente cumplido el TEA, en contenedores de polietileno de 3 litros, utilizando un sustrato de corteza de pino compostada. Debido a la extensión de las raíces, éstas fueron podadas para obtener una distribución natural en el contenedor. Luego, los contenedores fueron regados a saturación y llevadas al invernadero no climatizado, por 3 semanas. Después de superado el riesgo de heladas, fueron trasladadas a una zona de crecimiento fuera del invernadero.

## **Evaluación**

Posterior al trasplante, las plantas fueron evaluadas cada 7 días, desde el 7 de agosto al 28 de noviembre, evaluando la brotación y el crecimiento del brote. La brotación se consideró cuando la yema presentó hojas de puntas visibles, correspondiente al estado 04 del sistema Eichhorn-Lorenz modificado (Dry y Coombe, 2004).

## **Análisis de brotación**

La brotación fue presentada con herramientas gráficas de acumulación, velocidad, y concentración de respuesta. Dentro de los parámetros estudiados se determinó los días a brotación (DBr), el cual fue comparado con análisis de varianza, utilizando como unidades experimentales las plantas brotadas en cada tratamiento, Los valores, en días, fueron calculados de acuerdo al día de inicio de brotación de cada planta menos el día de plantación.

Se calculó el valor de brotación (VBr) Ec. 2, a partir de la ecuación Ec. 3, relación que muestra la concentración de la brotación, a través del producto entre el valor de brotación máxima (VPB) y el promedio de días de brotación máxima (PDBr). En donde VPB es la pendiente de la curva que se origina con el punto en donde la curva de la brotación acumulada (en porcentaje) se divide en una fase de crecimiento rápido a una de crecimiento lento, obtenido este valor a través cociente de la brotación máxima (BrM) y los días a brotación máxima (DBrM) Ec. 3 (Anexo II). El valor PDBr es la valor generado por la razón del porcentaje de brotación final (BrF) y el número de días a brotación final (DBrF) Ec.3. Estas expresiones fueron derivadas del análisis de germinación para semillas (Hartmann et al., 2002).

$$VBr = VPB \times PDBr \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

VBr: Valor de brotación

VPB: Valor de brotación máxima

PDBr: Promedio de días de brotación máxima (días)

$$V_{Br} = \frac{BrM/100}{D_{BrM}} \times \frac{BrF/100}{D_{BrF}} \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

- BrM: Brotación máxima (%)
- D<sub>BrM</sub>: Día de brotación máxima (días)
- BrF: Brotación final (%)
- D<sub>BrF</sub>: Día de brotación final (días)

También se obtuvo el coeficiente de velocidad de la brotación (CV) Ec.4, valor que compara la velocidad de la brotación de los tratamientos, el cual es una relación inversa del promedio de días a brotación (D<sub>Br</sub>) y el periodo que demora la brotación (D<sub>iBr</sub> – D<sub>BrF</sub>). El valor D<sub>Br</sub> se obtiene de la sumatoria del número de días a brotación de cada planta dividido por el número de plantas totales brotadas ( $[\text{N}^\circ \text{ de plantas} \times \text{días a brotación} + \text{N}^\circ \text{ de plantas} \times \text{días a brotación}]/\text{N}^\circ \text{ de plantas totales brotadas}$ ) (Hartmann et al., 2002) (Apendice I).

$$CV = \frac{1}{D_{Br}/(D_{BrF} - D_{iBr})} \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

- CV: Coeficiente de velocidad de la brotación
- D<sub>Br</sub>: Promedio de días a brotación
- D<sub>iBr</sub>: Día inicio de brotación (día)
- D<sub>BrF</sub>: Día de brotación final (día)

### **Análisis estadístico**

Los datos recolectados fueron analizados a través de descripción gráfica, en base a parámetros de posición y dispersión, estableciendo relaciones que rigen la sobrevivencia de las plantas en función del contenido de agua en base a materia seca o agua gravimétrica presente en los tejidos: tallo (AgT), raíz (AgR) y brote de 1 año (AgB1). También se utilizaron parámetros como AgT+R, que es la suma del contenido de agua gravimétrica del tallo más el de la raíz, y AgTo, que es la suma de los contenidos de agua en base a materia seca para el total de la planta, integrando las estructuras de la planta (raíz, tallo y brote de 1 año).

Debido a que las relaciones no se ajustan en el marco de los modelos lineales, se realizaron análisis con regresiones no lineales. Para lo cual se utilizó el software estadísticos *Curve*

*Expert Professional v1.3.0*, en donde los datos fueron modelados y ajustados a una batería de 60 modelos lineales, no lineales, y suavizados de curvas, determinando con este programa los modelos que mejor se ajustan, a través de ranking interno y de la visualización lógica del ajuste de las curvas a las observaciones. Posteriormente, se realizó un análisis estadístico a las regresiones con el software *Infostat 2008* (Di Rienzo et al., 2008), utilizando regresiones no lineales, donde se determinaron los parámetros estadísticos; cuadrado medio del error (CMError), p-valor de los parámetros estimadores *Alfa*, *Beta*, *Gama* y *Delta*; y los índices como AIC (Criterio de Información Akaike) y BIC (Criterio de Información Bayesiano), que fueron utilizados para discriminar el modelo seleccionado para la predicción de probabilidad de sobrevivencia.

### **Discriminación del modelo no lineal**

Como criterio principal de selección de los modelos se usó el AIC, el cual no tiene una interpretación individual, si no que presenta importancia cuando se comparan modelos, escogiendo aquellos modelos que minimizan estos valores, seleccionando el modelo con menor AIC (Balzarini et al., 2008; Gómez et al., 2012).

También se realizaron observaciones a los p-valor de los parámetros de los modelos, los cuales debían presentar valores de  $p < 0,05$ .

Finalmente, para escoger el modelo que represente mejor a ambas variedades y órganos de la planta a muestrear, los modelos fueron rankeados, usando el AIC como criterio principal de selección, el cual debía presentar un valor bajo y ser consistente para ambos patrones y estructura de la planta.

### **Comparación estadística de los modelos lineales**

Para comparar estadísticamente las diferencias de los modelos lineales, se utilizaron variables auxiliares (*dummy*), la que incorpora variables de clasificación en los modelos. Con ello se comparan estadísticamente las regresiones, a través del análisis de varianza de los modelos y las pruebas de igualdad de efectos y homogeneidad de pendientes de las diferentes respuestas.

# RESULTADOS

## Sobrevivencia

Al observar la sobrevivencia de las plantas, se apreció que las plantas se deshidrataron bajo las condiciones ambientales del experimento. Al estudiar el déficit de presión de vapor (DPV), como indicador preciso de la real capacidad evaporativa del aire para explicar la deshidratación (Allen et al., 2006), se apreció un descenso progresivo de los contenido de agua (Ag, Ec.1), en función del DPV acumulado por segundo, presentó un claro descenso del Ag, mostrando diferencias en dispersión, tasas de descenso y rangos de contenido agua, en cada una de los órganos de la planta (Figura 1).

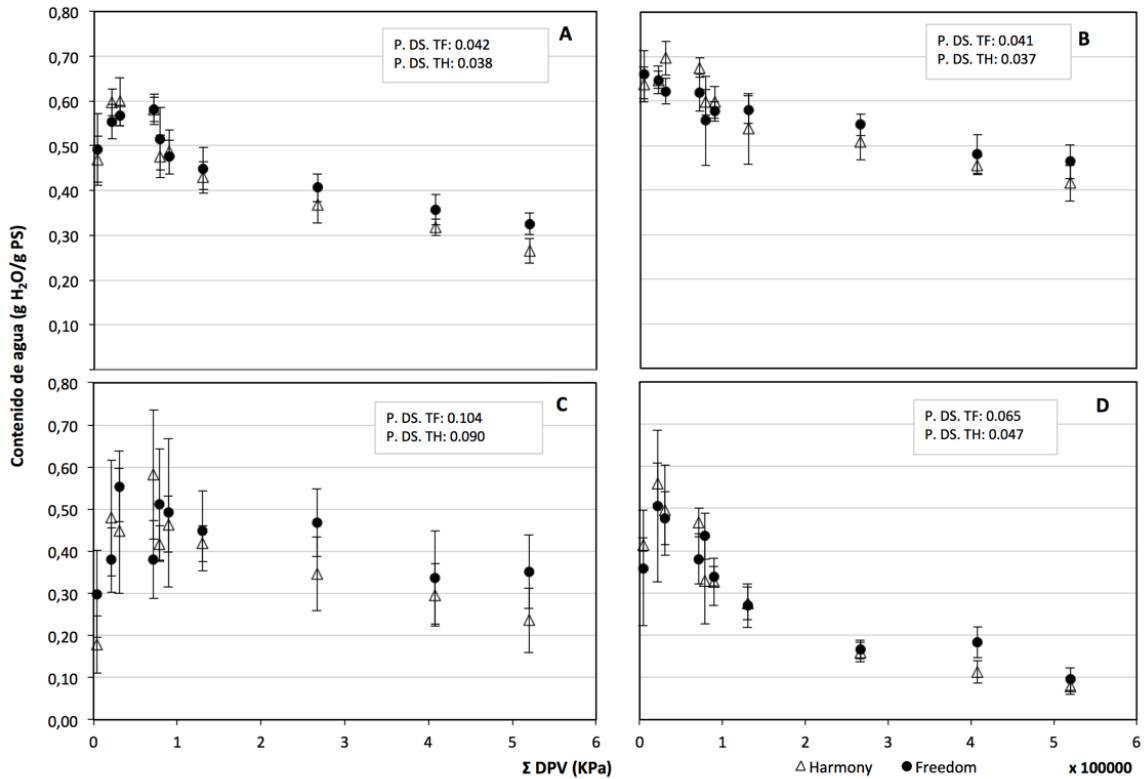


Figura 1. Evolución del contenido de agua gravimétrico (Ag) en función del DPV acumulado por segundo: planta completa AgTo (A); tronco AgT (B); brote de 1 año AgB1 (C); raíces AgR (D). PS: Peso seco del tejido; sometido a estufa de 62°C por 72 horas (g), DPV: Déficit de presión de vapor (kPa)

Las raíces mostraron la mayor tasa de cambio (Figura 1D), seguida por la planta completa, influenciado por el cambio observado en las raíces (Figura 1A). La menor tasa de pérdida de agua se obtuvo en el tronco y en la brote de 1 año, indicando con esto que la cinética de desecación de las plantas en receso ocurre por la raíz, seguido por el tronco y posteriormente por el brote de 1 año.

La deshidratación en planta completa (AgTo) y tronco (AgT) presentó una menor desviación estándar en comparación con la desviación observada en AgB1 y AgR. Sin embargo, el AgTo incluye implícito la variable AgB1, lo cual genera un mayor error en este parámetro, resultando más confiable el tronco y la raíz como lugar de muestreo, para garantizar un menor error para la determinación del Ag. De esta forma, el parámetro AgT+R, que es el agua gravimétrica de tronco más el de la raíz dividido por el peso seco de ambas estructuras, resulta en una menor desviación estándar, en comparación a si éstas estuvieran por sí solas. Por la anterior razón, se descarta el brote de un año como eventual lugar de muestreo para determinar la condición de hidratación de la planta.

El nulo cuidado de la deshidratación causó efectos en la sobrevivencia, donde se observó que entre 9 y 11 horas de exposición ambiental (de acuerdo a las condiciones ambientales del estudio) para Freedom y 51 a 53 horas para las plantas Harmony, mostraron un 90% de sobrevivencia, que de acuerdo al DPV instantáneo acumulado (sumatoria por segundo) correspondería entre 20.043 y 23.065 kPa para Freedom, entre 102.000 y 106.000 kPa para Harmony, mostrando la mayor tolerancia al estrés por exposición ambiental estas últimas.

Cuadro 2. Tiempo de exposición de plantas al aire, para distintas probabilidades de sobrevivencia.

Probabilidad de sobrevivencia	Tiempo de deshidratación ambiental*	
	Freedom	Harmony
%	----- h -----	
95	0,0 - 1,9	0,0 - 31,1
90	9,3 - 11,9	51,8 - 53,1
50	59,2 - 65	95,7 - 99-4

\*De acuerdo a las condiciones ambientales del estudio (Anexo II y III)

Al relacionar la sobrevivencia con la condición de hidratación de las plantas, tanto a nivel de planta completa (AgTo), tronco (AgT), raíz (AgR), brote de 1 año (AgB1) y la suma del tronco más raíz (AgT+R), se observaron buenas relaciones entre la sobrevivencia y AgTo. Sin embargo, el valor de AgB1 dentro de esta variable induce a un error, que produciría una falta de ajuste de los modelos propuestos. Así, al usar el parámetro AgT+R, se obtuvieron menores valores de BIC, AIC y CMerror, lográndose una mayor consistencia en el uso de esta variable como parámetro evaluador del contenido de agua en base a la materia seca para ambas variedades, y pudiendo estimar sobrevivencia de lotes de plantas (Apéndice II, Figura 2).



De acuerdo a la Figura 2, las plantas sobre patrón Harmony presentan mayor tolerancia al estrés por deshidratación que Freedom, al observarse una mayor sobrevivencia a igual contenido de agua en base a la materia seca en el parámetro AgT+R, indicando mayor tolerancia al estrés por deshidratación, aunque presenta una menor resistencia a la pérdida de agua de los tejidos (Figura 1).

El contenido de agua para garantizar una sobrevivencia superior al 95%, es  $> 0,52$  g H<sub>2</sub>O/g PS en el parámetro AgT+R, para ambas variedades; las diferencias se producen con probabilidades de sobrevivencia menores al 90% (Figura 2), donde los valores AgT+R son menores para Harmony que para los observados en Freedom (Cuadro 3).

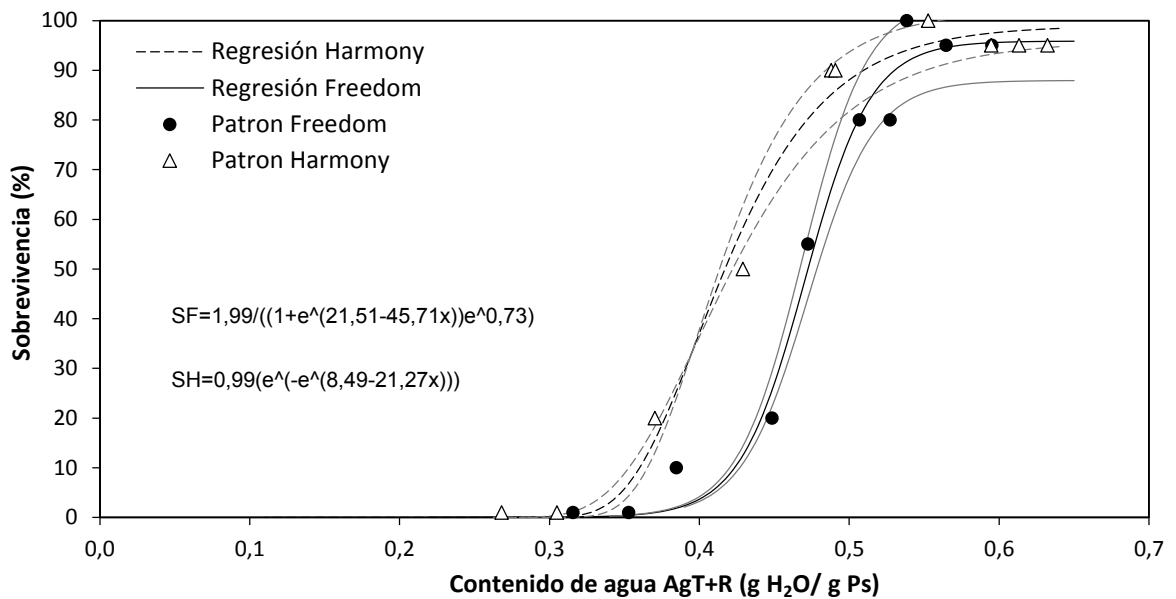


Figura 2. Sobrevivencia en función del contenido de agua de raíces y tallo en base a materia seca (AgT+R). SF: patrón Freedom; SH: patrón Harmony; Ps; Peso seco (Apéndice II).

Cuadro 3. Rango de contenido de agua en base a materia seca observado para diferentes probabilidades de sobrevivencia (valores de los modelos SF y SH).

Probabilidad de sobrevivencia	Contenido de agua en base seca (AgT+R)	
	Freedom	Harmony
%	----- g H <sub>2</sub> O/g PS -----	
95	0,52 - 0,57	0,51 - 0,55
90	0,51 - 0,52	0,48 - 0,51
50	0,46 - 0,47	0,41 - 0,42

\*Valores asociados a las curvas de la Figura 2.

## Brotación y crecimiento

La brotación acumulada se retrasó en la medida que el tiempo de exposición de las raíces al aire aumentó (Figura 3), produciéndose un retraso de la brotación de 40 días entre las primeras plantas en brotar, correspondiente al tiempo “0” (tratamiento con 0 horas de exposición al aire, patrón Harmony), y las del último grupo de plantas sobrevivientes (Freedom y Harmony, con 128 horas de exposición) (Cuadro 4). En tanto, las plantas sobre patrón Harmony presentaron una brotación más adelantada que las de Freedom, presentando éstas un retraso de 9 días con respecto a las primeras (Cuadro 4). A partir de las 32 horas de exposición, se presentan diferencias estadísticamente significativas en este parámetro dentro de cada patrón. (Cuadro 4).

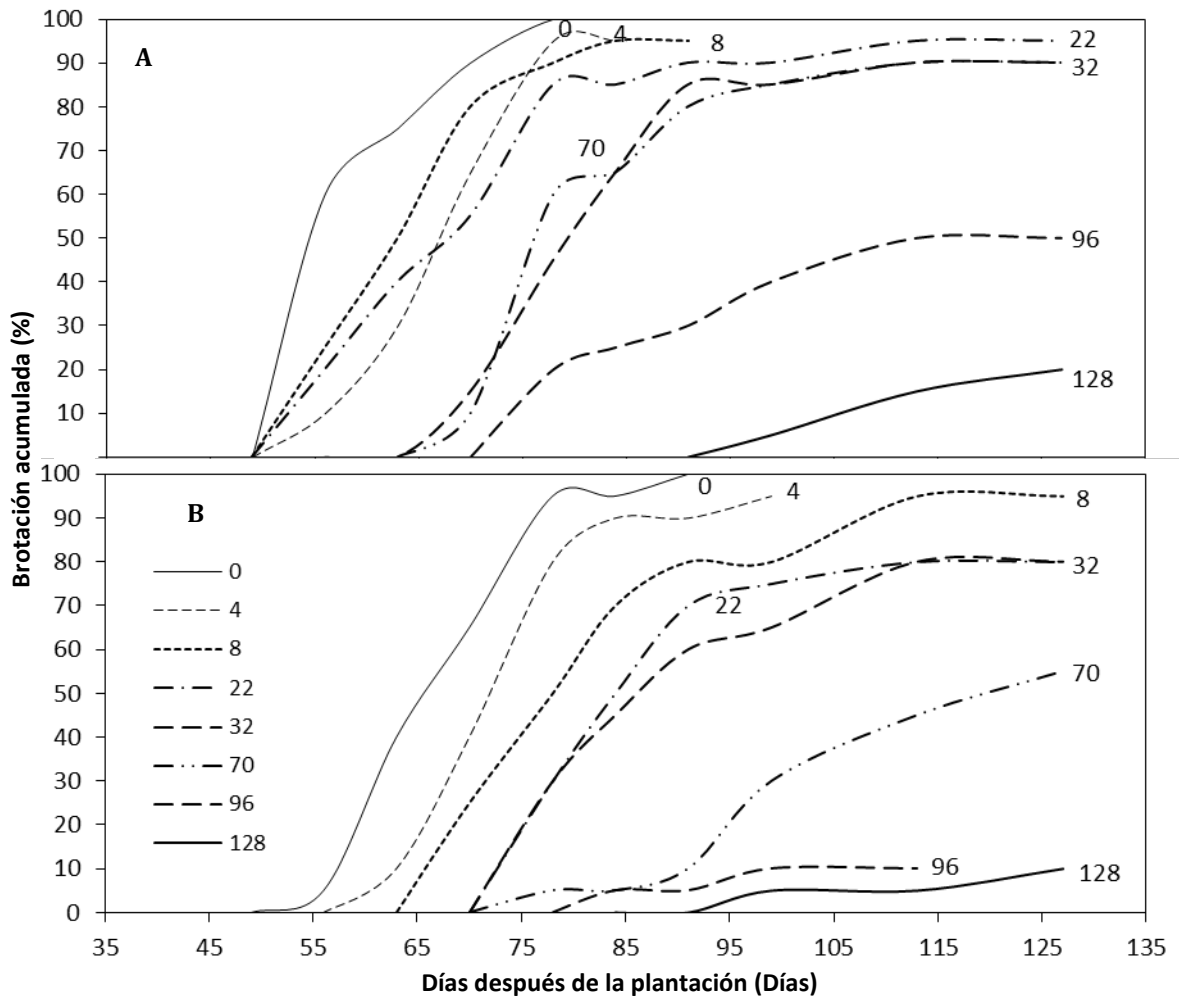


Figura 3. Brotación acumulada en función del tiempo después de plantación, para plantas sobre patrón Harmony (a) y patrón Freedom (b), con diferentes tiempos de exposición al aire.

Cuadro 4. Días a brotación (DBr) de plantas de la variedad Red Globe sobre patrones Freedom y Harmony, para diferentes tiempos de exposición al aire.

Patrón	Horas de exposición al aire	Plantas brotadas	Días a Brotación
	Horas	N	Días
Harmony	0	20	61,4 A
	8	19	66,1 A B
	4	19	69,6 A B C
	22	19	71,5 A B C D
	32	18	82,7 B C D E
	70	18	82,8 B C D E
	96	10	91,1 E F
	128	4	113,0 G
Freedom	0	20	70,3 A B C
	4	19	75,6 A B C D E
	8	19	84,1 B C D E
	22	16	86,3 C D E
	32	16	89,4 D E F
	70	2	91,5 E F
	96	11	105,3 F G
	128	2	113,0 G

I.- Medias con una letra común no son significativamente diferentes dentro de cada patrón, Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

II.- El número de muestras (n) distintos, explicado por la sobrevivencia observada en cada tratamiento

Al relacionar el contenido de agua en base seca de los tejidos de tallo más raíz (AgT+R) y los días a brotación, se observa una correlación negativa, donde al disminuir el contenido de agua en base seca en tallos y raíz, los días a brotación (DBr) aumentan (Figura 4A). La correlación es estadísticamente significativa para la variable, no presentándose diferencias entre los patrones (Apéndice III).

El coeficiente de velocidad de brotación (CV), que relaciona el tiempo o los días a brotación y el periodo de brotación, disminuye en la medida que el contenido de agua es menor, indicando que la brotación demora más tiempo y mostrando también una heterogeneidad mayor (Figura 4B), sin mostrar diferencias estadísticas entre los modelos de los patrones. Por su parte, el valor de brotación (VBr), que muestra la relación entre las pendientes de la fase de crecimiento rápido y lento de la curva de sobrevivencia acumulada con respecto al origen (Figura 4C), muestra que a medida el AgT+R disminuye, el VBr cae, debido a que las pendientes de ambas fases disminuyen, explicado por un menor número de plantas sobrevivientes y una mayor periodo de brotación.

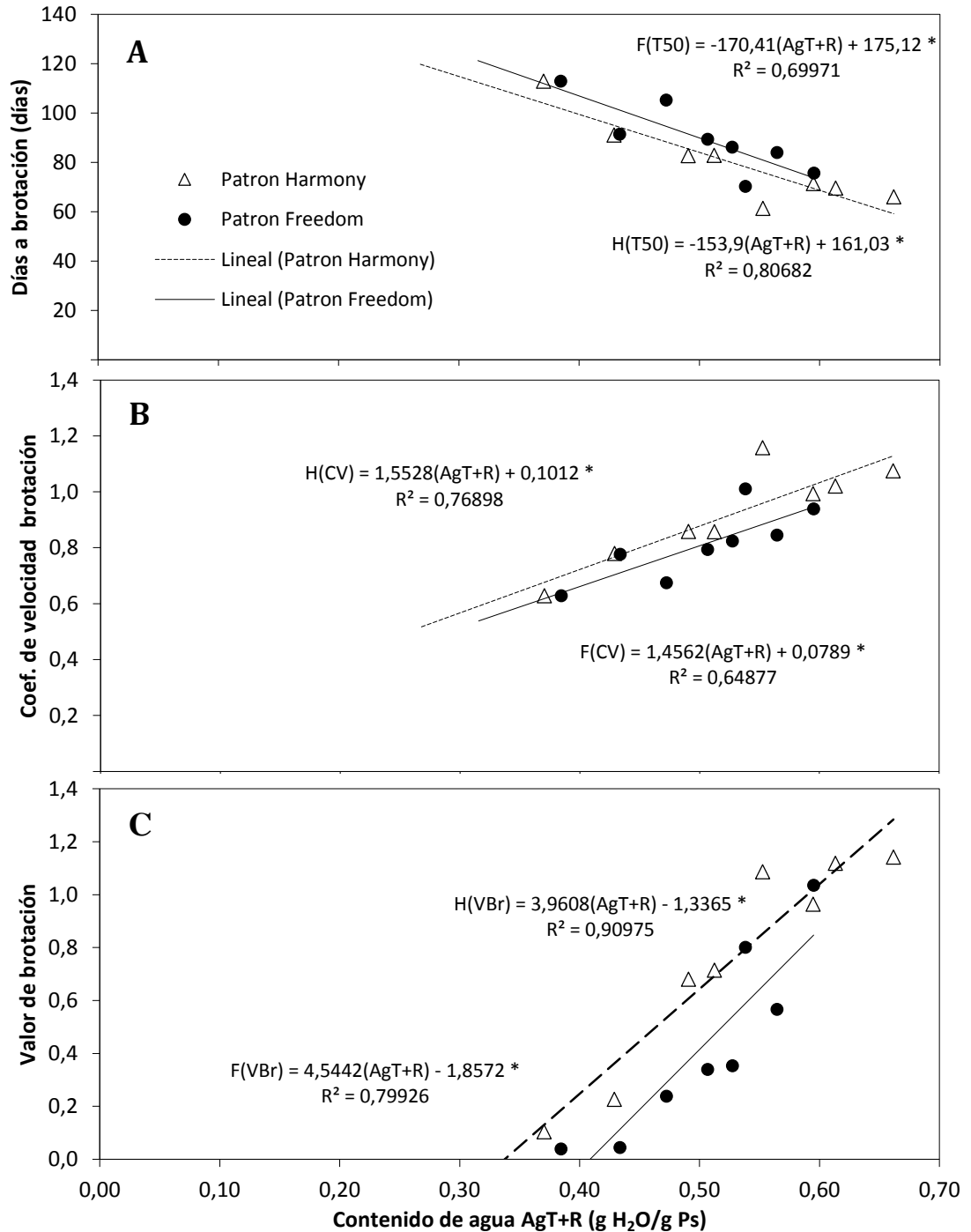


Figura 4. Días a brotación (A), coeficiente de velocidad de brotación (B) y valor de brotación (C) en función del contenido de agua presente en tronco y raíces (AgT+R). (Apéndice III, IV, V). \*Las regresiones son significativas, sin diferencias estadísticas.

Finalmente, un menor contenido de agua en base seca en tronco más raíces, produjo un menor crecimiento y una menor acumulación de materia seca en brotes (Figura 5), presentándose regresiones significativas para estos parámetros, sin presentar diferencias estadísticas entre los patrones.

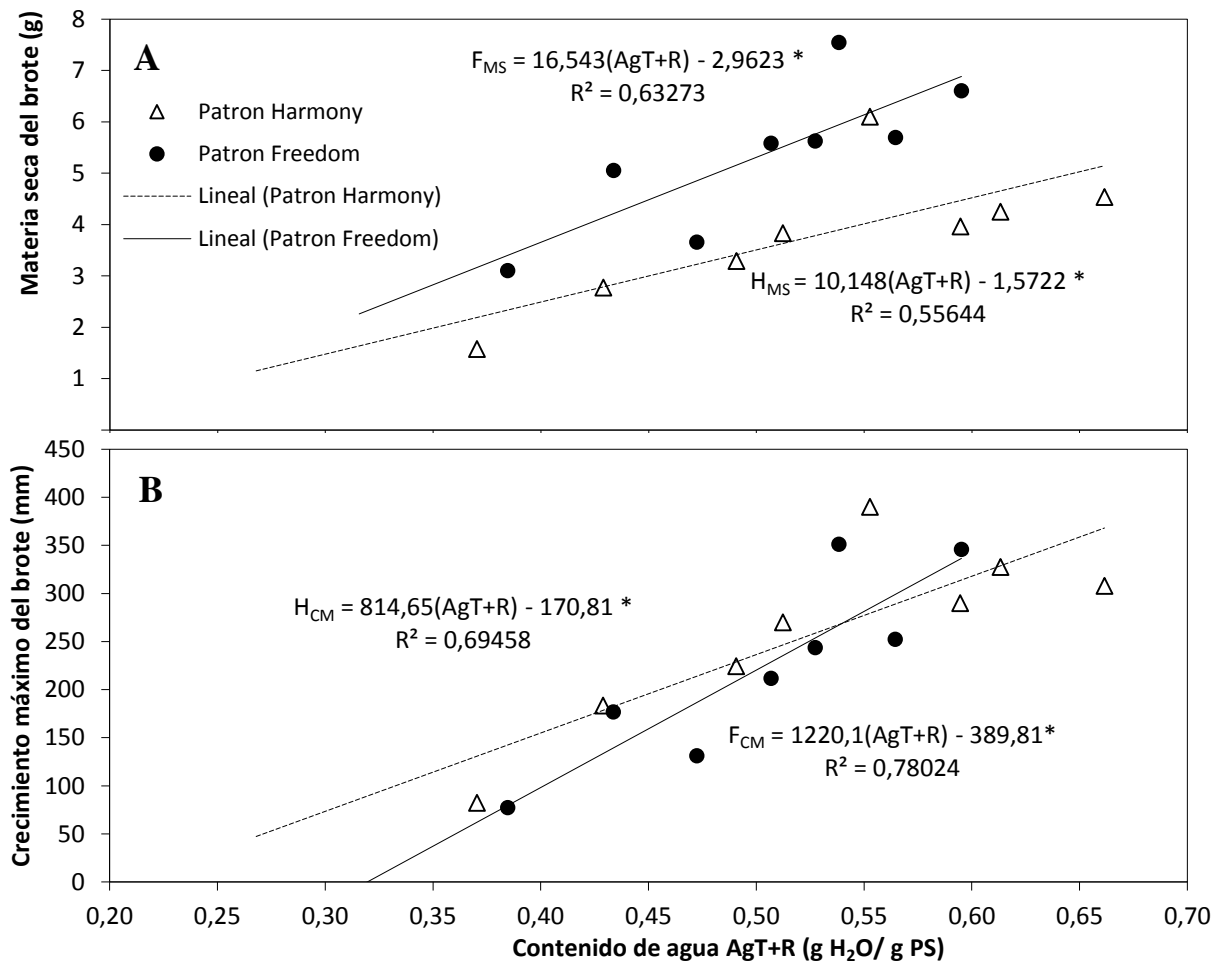


Figura 5. Materia seca producida (A) y crecimiento máximo de brote (B), en función del contenido de agua presente en tronco más raíces (AgT+R) (Apéndice VI y VII).

\*Las regresiones son significativas, pero sin diferencias estadísticas.

## DISCUSIÓN

La deshidratación de las plantas en receso es una consecuencia evidente de las malas prácticas de manejo en el trasplante de plantas barbadadas. Al respecto, Chen et al. (1991) indican que una de las principales razones del bajo rebrote y establecimiento en plantaciones con plantas caducifolias a raíz desnuda es por el estrés generado por la deshidratación durante la cosecha y postcosecha de plantas de vivero, enfatizando que las plantas se encuentran sometidas a una desecación constante en cualquiera de los procesos de producción, incluso durante la conservación de éstas, reduciendo el rebrote potencial y la calidad de las mismas (Englert et al., 1993; Guehl et al., 1993; Remmick, 1995). Incluso después del trasplante, las plantas barbadadas siguen siendo vulnerables a las variables climáticas y a las prácticas culturales durante el periodo de establecimiento (Bates y Niemiera, 1994).

Murakami et al. (1990) explican que las plantas de arce (*Acer platanooides* L.) y espino navarro (*Crataegus phaenopyrum* Med.) pierden agua más rápido por las raíces que por los brotes de una temporada de crecimiento en receso, lo que coincide con este estudio, en donde la raíz presentó mayor tasa de deshidratación, dada la mayor variación del contenido de agua en el tiempo, resultado que fue similar para ambos patrones (Figura 1D). Este comportamiento se explica por la mayor superficie expuesta y por las cutículas más delgadas de las raíces (Schuch et al., 2007).

Las plantas con patrón Harmony mostraron una mayor tolerancia al estrés por desecación que Freedom, presentando mayor sobrevivencia con menores contenidos de agua en los tejidos. Esta situación también lo encontró Chen et al. (1991), en patrones de manzano, donde MM. 111 es más tolerante que otros MM.106 y M7. Menciona que la tolerancia a este estrés depende de la especie y la interacción del vástago-patrón.

La diferencia observada entre patrones puede ser explicada por la morfología de las raíces. Según Englert et al. (1993), la tolerancia a la desecación está dada por la relación entre el grosor y área expuesta de las raíces, indicando que aquella especie que presentan un menor valor en la proporción área/volumen (raíces más gruesas) son especies más resistentes a la deshidratación. Al respecto, la morfología de las raíces del patrón Harmony presentó un sistema radical poco fasciculado, caracterizado por tener 3 ó 4 raíces principales con pocas raíces secundarias, observándose raíces más bien gruesas y pocas raíces finas, en contraste con el patrón Freedom, que presentó un sistema radical con varias raíces principales y un mayor número de raíces secundarias, siendo éstas más finas que las observadas en los patrones Harmony (Apéndice I). Esta relación explicaría la mayor resistencia de las plantas con patrón Harmony, pero no explica la cinética de desecación existente de las plantas sobre este patrón, que presentó mayor tasa de pérdida de agua en este órgano.

Otro de los factores que puede influir en los resultados es la época de arranque, al respecto, Englert et al. (1993) encontró que en tres especies forestales, *Quercus Rubra* L., *Acer platanoide* L. y *Crataegus phaenopyrum* Medic, la tolerancia a la desecación depende de la

época de arranque del vivero. Aparentemente, la tolerancia a la desecación decrece rápidamente desde el inicio de la brotación, influenciada por aspectos como el diámetro, y la suberización de las raíces (Englert et al., 1993; Rimmick, 1995). Factores que inciden en la absorción de agua, y en la cinética de pérdida de agua en los tejidos, que en su conjunto explican el déficit de agua que ocurre en el tallo al momento de la brotación. Aspecto que no se evaluó y que puede incidir en las diferencias en la tolerancia observadas.

El estrés por desecación trae asociado altos valores de potencial xilemático, que provocan una cavitación y posterior embolismo del xilema (Englert et al., 1993; Chen et al., 1991; Murakami et al., 1990), reduciendo la eficiencia del xilema para el transporte de agua a medida que crece el número de elementos afectados por embolismo, lo que conduce a un menor vigor y a una muerte regresiva del tallo en árboles de hoja caduca (Keller, 2010b; Sperry y Pockman (1993), citado por Rimmick, 1995). De acuerdo a McKay (1996), el potencial xilemático en la raíz presenta una mayor relación con la sobrevivencia. En este sentido, Bates y Niemiera (1994), indican que el uso del potencial de raíz y el contenido de agua en base seca de los tejidos de la raíz (AgR), son buenos indicadores para determinar el estado de hidratación de la planta al momento del trasplante, y ambos pueden ser usados para determinar la probabilidad de éxito al establecimiento.

Respecto a las diferencias observadas en la tolerancia de los patrones a la desecación, Murakami et al. (1990) las atribuye a una respuesta celular. Investigaciones recientes explican la superación del embolismo como una probable causa de las diferencias observadas en la sobrevivencia y en la brotación en las diferentes variedades y especies, explicado principalmente por la activación celular y las estrategias asumidas por las plantas para superar este fenómeno. Se han observado mecanismos, como la presión positiva de la raíz y desmovilización de asimilados alrededor de las células parenquimáticas del xilema, las cuales cargan con azúcar los vasos para disminuir el potencial osmótico dentro del xilema. Además, otras investigaciones respaldan la liberación de agua de las células parenquimáticas dentro de los vasos, abriendo las acuaporinas de las células de membrana (Keller, 2010b; Lovisoló y Shubert, 1998). En relación a la brotación, Keller (2010a) indica que la presión positiva de raíz en plantas de vid, antes de la brotación, puede ser necesaria para rehidratar las yemas dormantes, las cuales son reactivadas con las citoquininas que son liberadas desde la raíz; esto produce cambios en el contenido de agua de las yemas de un 40% a un 80%.

El estrés por desecación, o el menor contenido de agua los tejidos, produjo un aumento en los días a brotación y una disminución en el coeficiente de velocidad, y del valor de brotación (Figura 4A, 4B y 4C). También resultó en una disminución del tamaño del brote y de materia seca acumulada (Figura 5A, y 5B). Estos resultados concuerdan con lo expuesto por McKay (1996) y Shuch et al., (2007), quienes indicaron que en el estrés por desecación, en niveles en donde la sobrevivencia no es afectada, la plantas muestran un retardo en la brotación, y un menor crecimiento de brote. Al respecto Huuri (1967), citado por McKay (1996), indica que este efecto se prolongaría por 4 a 5 temporadas de crecimiento.

Los resultados de este estudio apuntan a avanzar en herramientas para la certificación de calidad de plantas barbadas, y entregar una herramienta de evaluación de la condición hídrica

de las plantas barbadas en receso, la que no se evalúa, como herramienta de predicción del éxito del establecimiento de nuevas plantaciones. Los alcances de este estudio siguen siendo limitados, aunque guía a futuros trabajos con otras combinaciones de patron-variedad y marca un precedente hacia la certificación de calidad de plantas barbadas.

Por lo mismo, otros trabajos debieran avanzar en determinar rangos críticos en el contenido de agua para otros patrones usados en la viticultura, relacionando con otros índices, como el potencial xilemático de raíz, el cual podría permitir la obtención de un valor rápido y objetivo, además de una alta relación para predecir la sobrevivencia y profundidad del receso en base a este criterio.

## **CONCLUSIONES**



El AgT+R, expresado en g de H<sub>2</sub>O/g PS, es un criterio cuantitativo útil para estimar la sobrevivencia de las plantas de vid de la variedad Red Globe sobre patrones Freedom y Harmony.

El valor crítico de contenido de agua en base seca (AgT+R) debe ser mayor a 0,52 de H<sub>2</sub>O/g PS), para asegurar una sobrevivencia mayor al 95% para ambos patrones.

La tolerancia a la deshidratación es mayor para Harmony que para Freedom.

La profundidad del receso aumenta a medida que el AgT+R disminuye, produciéndose un retraso de la brotación, afectando negativamente la homogeneidad y la velocidad de ésta.

A medida que AgT+R disminuye, el potencial de crecimiento de la variedad sobre los patrones es menor.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Allen, R. G.; L. S. Pereira; D. Raes and M. Smith. 2006. Evaporación del cultivo, guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. (Cap 3, pp. 29-64). Estudio FAO Riego y Drenaje. FAO (Food and Agriculture Organization). Italia, Roma: Fiat painis. 298 p.

Aguirre, A.; A. Lobato; I. Muñoz y J. Valenzuela. 2001, Jul. Propagación de la vid, (Bol. Tec. N°26), Estación Experimental La Platina, Instituto de Investigación Agropecuaria (INIA). Santiago, Chile: INIA. 26p.

Balzarini, M.G.; L. Gonzalez; M. Tablada; F. Casanoves; J.A. Di Rienzo y C.W. Robledo. 2008. InfoStat-Manual del Usuario. Córdoba, Argentina, Editorial Brujas. 336 p.

Bates, R.M and A.X. Niemiera. 1994, Mar. Mist irrigation reduces post-transplant desiccation of bare-root trees. *J. Environ. Hort.*, 12(1): 1-3.

Chen, T. H.; P. Murakami; P. Lombard and L.H. Fuchigami. 1991, Mar. Desiccation tolerance in bare-rooted apple trees prior to transplanting. *J. Environm. Hort.*, 9(1): 13-17.

Christensen, L.P. 2003. Rootstock selection. (ch 7; pp 12 – 16). In: Bettiga, L. Wine grape varieties in California. [En Línea] California, USA. Universidad of California, DANR Publication., 188 p. Recuperado en:< [https://books.google.cl/books?id=w-8jMhkVUMcC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.cl/books?id=w-8jMhkVUMcC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)> Consultado el: 7 de Junio 2015.

Di Rienzo, J.A.; F. Casanoves; M.G. Balzarini; L. Gonzalez; M. Tablada y C.W. Robledo. 2008. *InfoStat, versión 2008*. Córdoba, Argentina: Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba.

Dry, P. R. and B.G. Coombe. (eds) 2004. Grape Phenology Stages. volumen 1- Resource, 2<sup>nd</sup> edition, in: Viticulture. Adelaide, Australia: Winetitles, 255 pp.

Englert, J.M.; K. Warren; L.H. Funchigami and T.H. Chen. 1993. Antidesiccant compounds improve the survival of bare-root deciduous nursery trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 188(2): 228-235.

Englert, J.M.; H. Leslie; L. Funchigami and T.H. Chen. 1991. Reducing water loss from bare-rooted nursery trees after harvest. *HostScience*, 26(6): 732-739.

Gil-Albert F., And G. F. Velarde 1998. Tratado de arboricultura frutal, técnicas de plantación de especies frutales, (vol 3). 3<sup>ra</sup> Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, España: Edición Mundi-prensa. 133 p.

Gómez, S.; Torres V.; Garcia, Y. y J. Navarro. 2012. Procedimientos estadísticos más utilizados en el análisis de medidas repetidas en el tiempo en el sector agropecuario. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*, 46 (1): 1-7.

Guehl, J.M.; A. Clement; P. Kaushal and G. Aussenac. 1993. Planting stress, water status and non-structural carbohydrate concentrations in Corsican pine seedlings. *Tree Physiol.*, 12:173-183.

Hartmann H.; D. Kester; J.F. Davies and R. Geneve. 2002. Principles of propagation by seed (ch. 7, pp. 187- 215). In: plant propagation: principals and practices. 2<sup>nd</sup> ed. New Jersey, USA: Prentice Hall. 880 p.

Hartmann H. and D., Kester. 1988. Técnicas de la propagación por estaca. (ch. 10, pp.319-360). In: Propagación de plantas: principios y prácticas. México: Compañía Editorial Continental, S.A de C.V. 760 p.

Keller, M. 2010a. Phenology and growth cycle. (ch. 2, pp. 49-68). In: The science of grapevines: anatomy and physiology. Washington State, USA: Academic Press/ Elsevier. 377 p.

Keller, M. 2010b. Enviromental constraint and stress physilogy. (ch. 7, pp.227-242). In: The science of grapevines: anatomy and physiology. Washington State, USA: Academic Press/Elsevier. 377 p.

Loviosolo, C. and A. Schubert. 1998, Abr. Effects of water strees in vessel size and xylem hydraulic conductlivity in *Vitis vinifera* L. *Journal of Experimental Botany*, 49 (321): 693-700.

Mckay, H. M. 1996. A review of the effect of stress between lifting and planting on nursery stock quality and performance. *New Forests*, 13: 363-393.

Murakani, P.; T. Chen and L. Fuchigami. 1990, Mar. Desiccation tolerance of deciduous plant during postharvet handling. *J. Environ. Hort.*, 8 (1): 22-25.

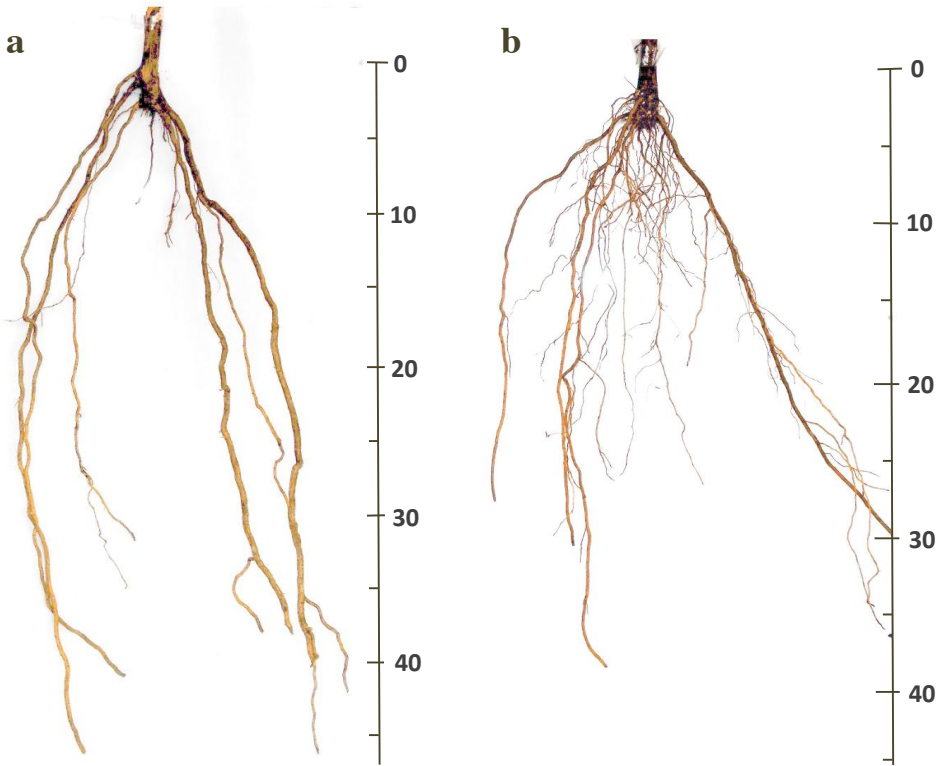
Remmick, M. D. 1996. The effects of site of desiccation stress and antidesiccant application on the water relation and transplant establishment of dormant bare root deciduous nursery stock. [en línea]. Thesis Master of Science in Horticulture, Oregon, USA: Oregon State University. 123 p Recuperado en: <<http://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/bitstream/handle/1957/19295/RemmickMichaelD1995.pdf?sequence=1>> consultado el: 6 Julio de 2015.

Rizk-Alla, M. S.; G. H. Sabry and M.A. Abd El-Wahab. 2011. Influencie of some rootstocks on the performance of Red Globe grape cultivar. *Journal of American Science*, 7(4):71-81.

Schuch, U.K.; B. Pemberton and J. Kelly. 2007, Jun. Postharvest moisture lost from bare-root roses affects performance of containerized plant. *HortScience*, 42(3): 622-625.

## **APÉNDICES**

**Apéndice I.** Morfología de las raíces de los patrones Harmony (a) y Freedom (b).



## Apéndice II. Modelos para la predicción de la supervivencia en base a las variables (AgT, AgR, AgT+R, AgTo)

Variable	Variedad	Modelo predictor de supervivencia	Alfa	Beta	Gama	Delta	Coef. de determinación ( $r^2$ )	CMError	AIC	BIC
AgT	Freedom	$\alpha \cdot \exp(-\exp(\beta \cdot \gamma \cdot \text{ALTo}))$	1,46	7,55	13,00		0,77	0,0500	-18,21	-17,30
	Freedom	$\alpha / (1 + \exp(\beta \cdot \gamma \cdot \text{ALTo}))$	1,17	15,43	26,26		0,76	0,0500	-18,13	-17,22
	Harmony	$\alpha \cdot \exp(-\exp(\beta \cdot \gamma \cdot \text{ALTo}))$	0,98*	17,29*	32,99*		1,00	0,0006	-63,34	-62,43
	Harmony	$\alpha / (1 + \exp(\beta \cdot \gamma \cdot \text{ALTo}))$	0,96*	25,36*	47,25*		1,00	0,0004	-66,68	-65,77
AgR	Harmony	$\alpha / (1 + \exp(\beta \cdot \gamma \cdot \text{ALTo})) \cdot \exp(-\delta)$	0,97	22,73	43,12	0,74	1,00	0,0005	-63,14	-61,93
	Freedom	$\alpha / (1 + \exp(\beta \cdot \gamma \cdot \text{ALR}))$	0,92*	11,03*	35,66*		0,94	0,0100	-32,18	-31,28
	Freedom	$\alpha \cdot \exp(-\exp(\beta \cdot \gamma \cdot \text{ALR}))$	0,93*	7,20*	24,87*		0,94	0,0100	-31,68	-30,77
	Harmony	$\alpha / (1 + \exp(\beta \cdot \gamma \cdot \text{ALR}))$	0,98*	6,06*	23,78*		0,98	0,0100	-41,12	-40,21
AgT+R	Harmony	$\alpha \cdot \exp(-\exp(\beta \cdot \gamma \cdot \text{ALR}))$	1,00	2,80	13,38		0,97	0,0100	-39,76	-38,85
	Freedom	$\alpha / (1 + \exp(\beta \cdot \gamma \cdot \text{ALTR})) \cdot \exp(-\delta)$	0,96*	23,49*	48,96*	1,35*	0,98	0,0047	-44,21	-43,30
	Freedom	$\alpha \cdot \exp(-\exp(\beta \cdot \gamma \cdot \text{ALTR})) \cdot \exp(-\delta)$	-0,32	-0,06	-1,01	1,66	0,98	0,0200	-24,28	-23,07
	Freedom	$\alpha \cdot \exp(-\exp(\beta \cdot \gamma \cdot \text{ALTR}))$	0,96*	17,15*	37,34*		0,98	0,0039	-40,34	-39,13
AgTo	Harmony	$\alpha / (1 + \exp(\beta \cdot \gamma \cdot \text{ALTR})) \cdot \exp(-\delta)$	0,96	23,28*	50,98*	2,55	1,00	0,0014	-52,50	-51,29
	Harmony	$\alpha \cdot \exp(-\exp(\beta \cdot \gamma \cdot \text{ALTR})) \cdot \exp(-\delta)$	-17,32	-16,57	-1,08	-1,85	1,00	0,0300	-21,41	-20,20
	Harmony	$\alpha \cdot \exp(-\exp(\beta \cdot \gamma \cdot \text{ALTR}))$	0,99*	8,49*	21,27*		0,99	0,0025	-48,39	-47,48
	Freedom	$\alpha \cdot \exp(-\exp(\beta \cdot \gamma \cdot \text{ALTo})) \cdot \exp(-\delta)$	-1,01	-0,34	-0,13	3,16	0,97	0,0400	-18,87	-17,66
AgTo	Freedom	$\alpha / (1 + \exp(\beta \cdot \gamma \cdot \text{ALTo}))$	0,00	-1,00	0,00		0,78	0,0700	-14,95	-14,04
	Freedom	$\alpha / (1 + \exp(\beta \cdot \gamma \cdot \text{ALTo}))$	0,90*	43,86*	94,17*		0,95	0,0100	-34,50	-33,60
	Harmony	$\alpha \cdot \exp(-\exp(\beta \cdot \gamma \cdot \text{ALTo})) \cdot \exp(-\delta)$	-2,78	-2,22	0,00	5,58	0,98	0,0500	-15,95	-14,74
	Harmony	$\alpha / (1 + \exp(\beta \cdot \gamma \cdot \text{ALTo}))$	0,00	-1,00*	0,00		0,98	0,1000	-12,17	-11,26
	Harmony	$\alpha / (1 + \exp(\beta \cdot \gamma \cdot \text{ALTo}))$	0,97*	16,69*	39,88*		0,98	0,0100	-40,77	-39,86

\* Estimadores con p-valor < 0,05.

**Apéndice III.** Análisis de regresión para los días a brotación (DBr), en función del contenido de agua en los tejidos en base seca (AgT+R). Las regresiones son significativas  $p < 0,05$ , sin diferencias estadísticas entre los modelos de los patrones ( $p > 0,05$  en las pendientes, (Var\_H), e intercepto al eje de las ordenadas, Var\_H\_Ag(T+R)).

#### **Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R	R Aj	AIC	BIC
DBr	16	0,79	0,73	117,99	121,85

#### **Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	T	p-valor
Constante	175,12	22,49	7,79	<0.0001
Pendiente AgT+R	-170,4	44,35	-3,84	0,0023
Var_H	-14,18	28,17	-0,5	0,6239
Var_H_Ag(T+R)	16,69	54,49	0,31	0,7646

#### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2927,45	3	975,82	14,64	0,0003
Ag(T+R)	983,85	1	983,85	14,76	0,0023
Var_H	16,88	1	16,88	0,25	0,6239
Var_H_Ag(T+R)	6,25	1	6,25	0,09	0,7646
Error	799,64	12	66,64		
Total	3727,09	15			

#### **Modelos Determinados**

$$F_{DBR} = -170,4(AgT+R) + 175,12$$

$$H_{DBR} = -170,4(AgT+R) + 16,69(AgT+R) + 175,12 - 14,18$$

$$H_{DBR} = -153,71(AgT+R) + 160,94$$

I.- Modelos de las regresiones teniendo como respuesta T50, sus diferencias no son significativas

F<sub>DBR</sub>: representa la respuesta de las plantas con patrón Freedom

H<sub>DBR</sub>: representa la respuesta de las plantas con patrón Harmony

**Apéndice IV.** Análisis de regresión para el coeficiente de velocidad (CV), en función del contenido de agua en los tejidos en base seca (AgT+R). Las regresiones son significativas  $p < 0.05$ , sin diferencias estadísticas entre los modelos de los patrones  $p > 0,05$  en las pendientes, (Var\_H), e intercepto al eje de las ordenadas, Var\_H\_Ag(T+R))

#### **Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R	R Aj	AIC	BIC
CV	16	0,76	0,7	-28,01	-24,15

#### **Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	T	p-valor
const	0,08	0,23	0,33	0,7464
AgT+R	1,46	0,46	3,15	0,0083
Var_H	0,02	0,29	0,08	0,9392
Var_H_Ag(T+R)	0,09	0,57	0,17	0,8704

#### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,28	3	0,09	12,89	0,0005
Ag(T+R)	0,07	1	0,07	9,94	0,0083
Var_H	4,40E-05	1	4,40E-05	0,01	0,9392
Var_H_Ag(T+R)	2,00E-04	1	2,00E-04	0,03	0,8704
Error	0,09	12	0,01		
Total	0,37	15			

#### **Modelos Determinados**

$$Fcv=1,46(AgT+R)+0,08$$

$$Hcv=1,46(AgT+R)+0,09(AgT+R)+0,08+0,02$$

$$Hcv=1,55(AgT+R)+0,1$$

I.- Modelos de las regresiones teniendo como respuesta CV, sus diferencias no son significativas

Fcv: representa la respuesta de las plantas con patrón Freedom

Hcv: representa la respuesta de las plantas con patrón Harmony



**Apéndice V.** Análisis de regresión el valor de brotación (VBr), en función del contenidos de agua en los tejidos en base seca (AgT+R). Las regresiones son significativas  $p < 0.05$ , sin diferencias estadísticas entre los modelos de los patrones ( $p > 0.05$  en las pendientes (Var\_H) e intercepto al eje de las ordenadas Var\_H\_Ag(T+R))

#### Análisis de regresión lineal

Variable	N	R	R <sub>Aj</sub>	AIC	BIC
VBr	16	0,63	0,54	-10,57	-6,7

#### Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	T	p-valor
const	-0,85	0,4	-2,09	0,0583
AgT+R	2,23	0,8	2,79	0,0162
Var_H	0,45	0,51	0,89	0,3927
Var_H_Ag(T+R)	-0,65	0,98	-0,66	0,5195

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,44	3	0,15	6,79	0,0063
Ag(T+R)	0,17	1	0,17	7,81	0,0162
Var_H	0,02	1	0,02	0,79	0,3927
Var_H_Ag(T+R)	0,01	1	0,01	0,44	0,5195
Error	0,26	12	0,02		
Total	0,7	15			

#### Modelos Determinados

$$F_{VBr} = 2,23(AgT+R) - 0,85$$

$$H_{VBr} = 2,23(AgT+R) - 0,65(AgT+R) - 0,85 + 0,45$$

$$H_{VBr} = 1,58(AgT+R) - 0,4$$

I.- Modelos de las regresiones teniendo como respuesta VBr, sus diferencias no son significativas

$F_{VBr}$ : representa la respuesta de las plantas con patrón Freedom

$H_{VBr}$ : representa la respuesta de las plantas con patrón Harmony

**Apéndice VI.** Análisis de regresión al parámetro materia seca (Ms), en función al contenido de agua en los tejidos en base seca (AgT+R). Las regresiones son significativas ( $p < 0,05$ ), Sin diferencias estadísticas entre los modelos en los patrones ( $p > 0,05$  en las pendientes (Var\_H) e intercepto al eje de las ordenadas Var\_H\_Ag(T+R)).

#### **Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R	R Aj	AIC	BIC
Ms	16	0,7	0,63	49,24	53,1

#### **Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	T	p-valor
const	-2,96	2,62	-1,13	0,2805
Ag(T+R)	16,55	5,17	3,2	0,0077
Var_H	1,4	3,29	0,43	0,6779
Var_H_AL(T+R)	-6,41	6,36	-1,01	0,3333

#### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	25,94	3	8,65	9,53	0,0017
Ag(T+R)	9,28	1	9,28	10,23	0,0077
Var_H	0,16	1	0,16	0,18	0,6779
Var_H_Ag(T+R)	0,92	1	0,92	1,02	0,3333
Error	10,88	12	0,91		
Total	36,82	15			

#### **Modelos Determinados**

$$F_{MS} = 16,55(AgT+R) - 2,96$$

$$H_{MS} = 16,55(AgT+R) - 6,41(AgT+R) - 2,96 + 1,4$$

$$H_{MS} = 10,14(AgT+R) - 1,56$$

I: modelos de las regresiones teniendo como respuesta Ms, sus diferencias no son significativas

F<sub>MS</sub>: representa la respuesta de las plantas con patrón Freedom

H<sub>MS</sub>: representa la respuesta de las plantas con patrón Harmony

**Apéndice VII.** Análisis de regresión para el crecimiento máximo (CM), en función del contenido de agua en los tejidos en base seca (AgT+R). Las regresiones son significativas ( $p < 0,05$ , Sin diferencias estadísticas entre los modelos los patrones ( $p > 0,05$  en las pendientes  $(Var\_H)$ , e intercepto al eje de las ordenadas  $Var\_H\_Ag(T+R)$ )

#### **Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R	R <sub>Aj</sub>	AIC	BIC
CM(mm)	16	0,75	0,68	177,8	181,66

#### **Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor
const	-389,82	145,76	-707,4	-72,24	-2,67	0,0202
PendienteAg(T+R)	1220,15	287,47	593,8	1846,49	4,24	0,0011
Var_H	219,01	182,6	-178,85	616,87	1,2	0,2535
Var_H_Ag(T+R)	-405,5	353,23	-1175,13	364,13	-1,15	0,2734

#### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	99631,71	3	33210,57	11,86	0,0007
Ag(T+R)	50441,56	1	50441,56	18,02	0,0011
Var_H	4027,84	1	4027,84	1,44	0,2535
Var_H_Ag(T+R)	3689,86	1	3689,86	1,32	0,2734
Error	33599,42	12	2799,95		
Total		3	15		

#### **Modelos Determinados**

$$F_{CM} = 1220,15(AgT+R) - 389,82$$

$$H_{CM} = 1220,15(AgT+R) - 405,5(AgT+R) - 389,82 + 219,01$$

$$H_{CM} = 814,65(AgT+R) - 170,81$$

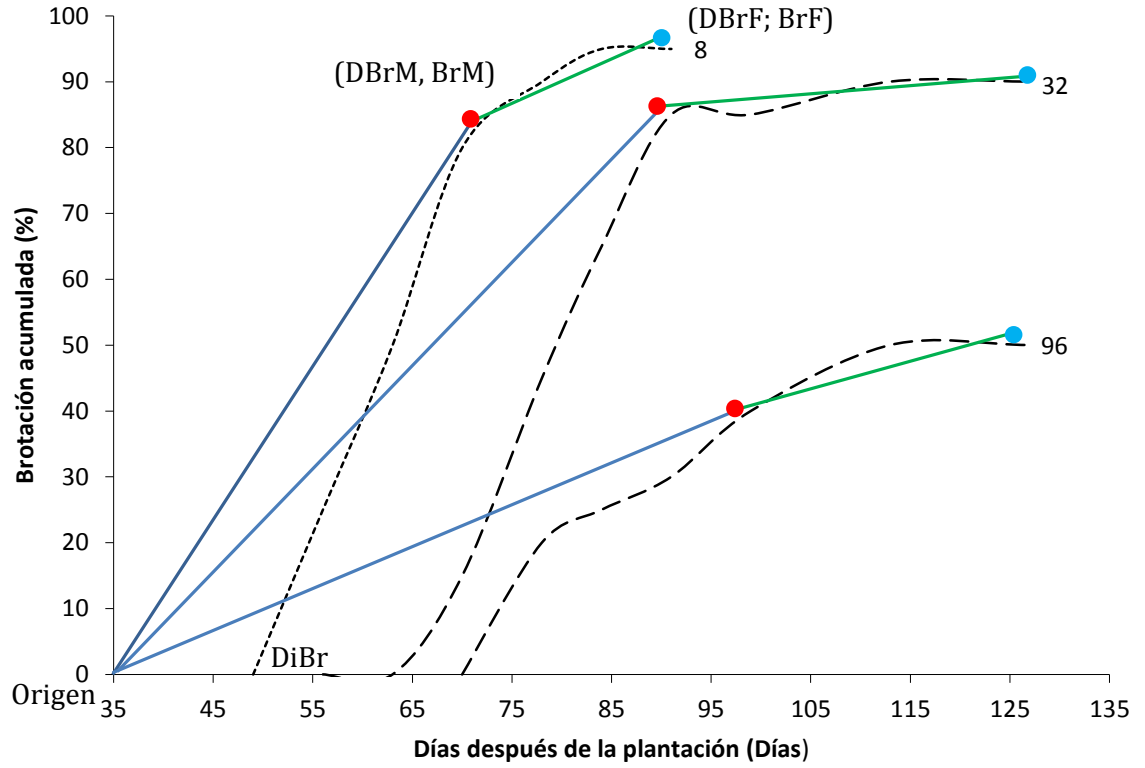
I: Modelos de las regresiones teniendo como respuesta Cr, sus diferencias no son significativas

F<sub>CM</sub>: representa la respuesta de las plantas con patrón Freedom

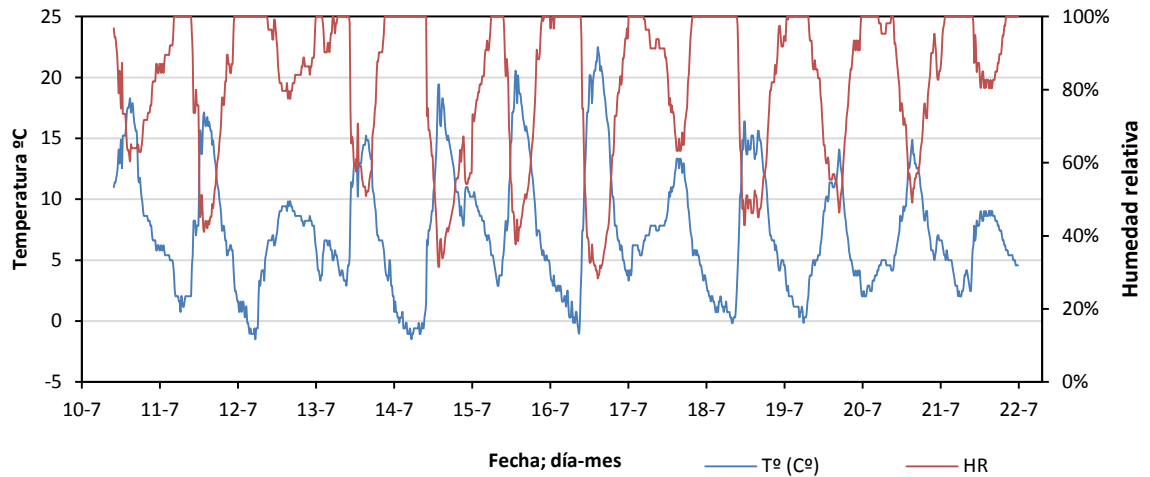
H<sub>CM</sub>: representa la respuesta de las plantas con patrón Harmony

## ANEXOS

**Anexo I.** Representación gráfica de los parámetros utilizados en el análisis de brotación



**Anexo II.** Temperatura y humedad relativa durante el periodo de exposición de las plantas a deshidratación en la condición de raíz desnuda.



**Anexo III.** DPV instantáneo, valor observado cada 15 minutos, y DPV acumulado, resultado por la sumatoria de los valores de DPV instantáneos por segundo.

