



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE POSTGRADO

**EFFECTO DEL RÉGIMEN HÍDRICO SOBRE LA PRODUCTIVIDAD Y
ARQUITECTURA HIDRÁULICA DE *Salix viminalis*.**

Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniero Agrónomo y al Grado
de Magíster en Ciencias Agropecuarias

CAMILA ALEJANDRA CHÁVEZ BAHAMONDEZ

Directores de Tesis
PAOLA SILVA CANDIA
MARCO GARRIDO SALINAS

Profesores consejeros
JOSÉ IGNACIO COVARRUBIAS PEÑA
CECILIA BAGINSKY GUERRERO

SANTIAGO - CHILE
2024

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE POSTGRADO

**EFFECTO DEL RÉGIMEN HÍDRICO SOBRE LA PRODUCTIVIDAD Y
ARQUITECTURA HIDRÁULICA DE *Salix viminalis***

Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al Título Profesional de
Ingeniero Agrónomo y al Grado de Magíster en Ciencias Agropecuarias.

CAMILA ALEJANDRA CHÁVEZ BAHAMONDEZ

	Calificaciones (Memoria de Título)	Calificaciones (Tesis de Grado)
DIRECTORES DE TESIS		
Paola Silva Ingeniero Agrónomo, MS, Dra.	6,0	6,0 
Marco Garrido Ingeniero Agrónomo, MS, Dr.	6,0 	6,0
PROFESORES CONSEJEROS		
José Ignacio Covarrubias Ingeniero Agrónomo, MS, Dr.	6,7	6,7 
Cecilia Baginsky Ingeniero Agrónomo, MS, Dra.	6,4	6,4

Santiago, Chile
2024

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, que sin ellos no habría llegado hasta donde estoy. A mi madre, Alicia Bahamondez, por siempre estar ahí para mí, darme palabras de aliento cuando la motivación bajaba, su hombro cuando las cosas se pusieron difíciles y celebrar incluso los pequeños éxitos que tuve. A mi padre, Miguel Chávez, que siempre tuvo la convicción de que puedo lograr todo lo que me proponga. Por hacerme ver que incluso de las malas pasadas, se puede sacar algo bueno. A mi tía Paty, por su apoyo incondicional y cariño constante. A mis hermanos, Javier, Diego y Cristóbal, aunque tomemos caminos separados, sabemos que podemos contar siempre los unos con los otros. A Josué, por su infinita paciencia, amor incondicional y creencia constante en mi capacidad. Sin su presencia habría sido todo más difícil. A mi tía Doris, por ser una fiel red de apoyo. A mi tata y padrino, Raúl Bahamondez, por sus infinitas historias que siempre sacaban una risa, y fue quien me introdujo al mundo de la agronomía. Su enseñanza, cariño y apoyo vivirán conmigo.

A mis estimados profesores guías, Paola Silva y Marco Garrido, les agradezco su cálido recibimiento al laboratorio SAP y su orientación y dedicación durante mi proceso de tesis. Por darme la oportunidad de formar parte del equipo de investigación en torno a la producción sostenible de mimbre, ha sido una experiencia realmente enriquecedora. Su compromiso y apoyo han sido de gran importancia para mi crecimiento profesional. A los profesores que se integraron después, Alejandro Bozo, por su disposición y entusiasmo desde el primer día. A Magda Orell, quien no solo fue una gran profesora, sino una fuente constante de inspiración. Su fortaleza y actitud positiva me motivaron a seguir adelante enfrentando nuevos desafíos.

A mis compañeros de terreno, José, Sótero, Marta y Marcelo. Por los buenos momentos, consejos y colaboración que hizo posible este trabajo. A los propietarios de los predios, Cristian Olivos, Héctor Pino, Néstor Bravo y Miguel Pérez, por su generosidad al permitirnos utilizar sus terrenos para llevar a cabo esta investigación. A Daniel Cubillos, por regar cada semana los ensayos. A la Sra. Elsa, por su hospitalidad y rica comida que nos reconfortó después de arduas jornadas de trabajo en terreno. Al Fondo de Innovación para la Competitividad Regional, cuyo financiamiento hizo posible la realización de este estudio.

A mis adoradas amigas, Valentina y Rosario, cuyo apoyo ha sido una fuente constante de fuerza y energía durante años. A Níkolás y Paulina, por cada risa compartida, palabras de ánimo y compañía en este proceso. A Magaly y Josefa, con quienes codo a codo trabajamos para sacar esto adelante. Y los amigos que gané en este camino, Diego, Ariel, Valentina, Catalina, Fernanda y Joaquín, mis compañeros en esta travesía universitaria, por la paciencia para escucharme, las risas que compartimos y la amistad que siempre recordaré con cariño.

Por último, pero no menos importante, quienes más me han acompañado en la escritura de esta tesis: Luck, Mía y, más recientemente, Golfo. La imagen de sus colitas moviéndose y sus ojitos cariñosos será un recuerdo preciado de que nunca estuve sola en este viaje académico.

A todos ustedes,

Gracias totales.

ÍNDICE

RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	1
HIPÓTESIS	3
OBJETIVOS	3
MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
Ubicación del estudio	4
Materiales	4
Metodología	4
Variables medidas en el tiempo	7
Variables medidas a final de temporada.....	9
Análisis estadístico	12
RESULTADOS.....	13
Condiciones meteorológicas	13
Balance hídrico	13
Contenido gravimétrico de agua en el suelo	14
Efecto del régimen hídrico sobre variables fisiológicas asociadas a la Arquitectura Hidráulica.....	15
Rasgos fisiológicos.....	15
Valor Huber	15
Área foliar específica	16
Fracción de cobertura.....	17
Largo de vara	18
Rasgos anatómicos y físicos de la madera	19
Densidad de los vasos xilemáticos.....	19
Área del lumen de vasos xilemáticos	19
Densidad básica de la madera.....	20
Efecto del régimen hídrico sobre otras variables fisiológicas	21
Potencial hídrico	21
Composición isotópica de oxígeno 18, discriminación isotópica de carbono 13 y Eficiencia del Uso del Agua Intrínseca.....	22
Efecto del régimen hídrico sobre la productividad y calidad de la vara	23
Rendimiento en fresco y seco.....	23
Peso fresco por calibre	24
Número de varas por calibre	25
Módulo de elasticidad	26
DISCUSIÓN	28
Evaluación comparativa entre predios	28
Evaluación del efecto de los tratamientos en el predio CO	28
Comportamiento de la especie en el tiempo	31

CONCLUSIONES	32
LITERATURA CITADA	33
ANEXO.....	40
APÉNDICE.....	44

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Agricultores con quienes se llevaron a cabo los ensayos y distribución de plantación (m ²) utilizada en cada predio	5
Cuadro 2. Densidad aparente (Da), altura de agua a capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP) de cada predio a los 0-20 cm, 20-40 cm y 40-60 cm de profundidad.....	5
Cuadro 3. Medias estimadas de altura de agua aprovechable (Ha), capacidad de campo (CC) y a punto de marchitez permanente (PMP) de los predios hasta los 60 cm de profundidad.....	6
Cuadro 4. Fechas de medición abarcadas durante la temporada de evaluación.	7
Cuadro 5. Dimensiones requeridas de las varillas de mimbre según la norma 2039.....	10
Cuadro 6. Siglas utilizadas en la medición del porcentaje de peso fresco y cantidad de varas por cada calibre.	10
Cuadro 7. Medias del contenido gravimétrico de agua en el a profundidades de 0-20 cm y 0-40 cm en el cultivo de sauce mimbre durante el periodo completo por tratamiento en los predios CO, HP y NB.	15
Cuadro 8. Medias de la interacción entre el factor tratamiento y el factor fecha de medición para el Valor Huber en el cultivo de sauce mimbre, por predio.	16
Cuadro 9. Medias del área foliar específica obtenida en el cultivo de sauce mimbre durante el periodo completo por tratamiento en los predios CO, HP y NB.	17
Cuadro 10. Medias de la fracción de cobertura en el cultivo de sauce mimbre durante el periodo completo por tratamiento en los predios CO, HP y NB	18
Cuadro 11. Medias del largo de vara en el cultivo de sauce mimbre durante el periodo completo por tratamiento en los predios CO, HP y NB.....	19
Cuadro 12. Medias de la densidad de vasos y área del lumen de vasos en varas de sauce mimbre por predio y por tratamiento, siendo estos últimos los promedios de los tratamientos obtenidos en el predio CO.....	20
Cuadro 13. Medias de la interacción entre el factor tratamiento y el factor fecha de medición para la densidad básica de la madera en el cultivo de sauce mimbre, por predio.....	22
Cuadro 14. Medias del potencial hídrico xilemático en el cultivo de sauce mimbre durante el periodo de crecimiento por tratamiento en los predios CO, HP y NB.....	23

Cuadro 15. Medias del enriquecimiento de oxígeno 18 ($\delta^{18}\text{O}$), discriminación isotópica de carbono 13 ($\Delta^{13}\text{C}$) y eficiencia del uso del agua intrínseca (EUA_i) en brotes obtenidos al final de la temporada por cada predio.	24
Cuadro 16. Medias de la interacción entre el factor tratamiento y el factor predio para el enriquecimiento de oxígeno 18 ($\delta^{18}\text{O}$), discriminación isotópica de carbono 13 ($\Delta^{13}\text{C}$) y eficiencia del uso del agua intrínseca (EUA_i) en brotes de sauce mimbre.....	24
Cuadro 17. Medias del rendimiento en fresco y seco de la cosecha del cultivo de sauce mimbre en cada predio	25
Cuadro 18. Medias de la interacción entre el factor tratamiento y el factor predio para el rendimiento en fresco y seco de la cosecha del cultivo de sauce mimbre... ..	25
Cuadro 19. Medias del porcentaje del peso fresco de varas gruesas (PFG), porcentaje del peso fresco de varas medianas (PFM) y porcentaje del peso fresco de varas finas (PFF) en cada sitio experimental. PFG, PFM y PFF son porcentajes con respecto al peso fresco total por hectárea.....	26
Cuadro 20. Medias de la interacción entre el factor tratamiento y el factor predio para el porcentaje del peso fresco de varas gruesas (PFG), porcentaje del peso fresco de varas medianas (PFM) y porcentaje del peso fresco de varas finas (PFF). Los porcentajes son respecto al peso fresco total calculado por hectárea.....	26
Cuadro 21. Porcentaje del número de varas gruesas (NVG), porcentaje del número de varas medianas (NVM), porcentaje del número de varas finas (NVF) y número de varas total por hectárea (NVT) por predio y por tratamiento, siendo estos últimos los promedios de los tratamientos obtenidos en el predio CO. NVG, NVM y NVF son porcentajes con respecto al número total de varas por hectárea. NVG, NVM y NVF son porcentajes con respecto al número total de varas por hectárea.....	27
Cuadro 22. Medias de la interacción entre el factor tratamiento y el factor predio del módulo de elasticidad	27

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Disposición de los segmentos de tallo destinados a diversas mediciones realizadas al final de la temporada. Desde la base de la vara, se midió la densidad básica de la madera (1), los cortes anatómicos (2) y el módulo de elasticidad (3). 11
- Figura 2. Balance hídrico promedio de los predios CO, HP y NB desde el día de brotación (1 de septiembre del 2020), considerando aportes de riegos (T100, T70, T40) y eventos de lluvia (mm). La barra verde indica el inicio de la aplicación de los tratamientos de riego. En gris y morado se indica el punto de marchitez permanente promedio (PMP) y capacidad de campo promedio (CdC), respectivamente. 14
- Figura 3. Medias del contenido de agua en el suelo (mm) en el perfil de 0-20 cm de profundidad durante la temporada de medición para los predios CO, HP y NB. La barra amarilla indica el inicio de los tratamientos. Letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente en cada fecha de medición ($p>0,05$). 14
- Figura 4. Medias del Valor Huber durante la temporada de medición en el cultivo de sauce mimbre para los predios CO, HP y NB. La barra amarilla indica el inicio de los tratamientos. Se realizó una regresión (línea azul) debido a las mínimas diferencias entre predios en cada fecha de medición, reflejando así el comportamiento general de la especie. Letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p>0,05$) ... 15
- Figura 5. Medias del área foliar específica (SLA) durante la temporada de medición en el cultivo de sauce mimbre para los predios CO, HP y NB. La barra amarilla indica el inicio de los tratamientos. Se realizó una regresión (línea azul) debido a las mínimas diferencias entre predios en cada fecha de medición, reflejando así el comportamiento general de la especie. Letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p>0,05$) 17
- Figura 6. Medias de la fracción de cobertura del cultivo de sauce mimbre desde el inicio de brotación (1 de septiembre del 2020) hasta antes de la caída de hojas (30 de marzo del 2021) para los predios CO, HP y NB. La barra amarilla indica el inicio de la aplicación de los tratamientos. Se realizó una regresión (línea azul) debido a las mínimas diferencias entre predios en cada fecha de medición, reflejando así el comportamiento general de la especie. Letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p>0,05$) 18
- Figura 7. Medias del largo de vara obtenido durante la temporada de medición en el cultivo de sauce mimbre para los predios CO, HP y NB. Letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p>0,05$)..... 19
- Figura 8. Cortes transversales de madera del tallo de 1 año de *Salix viminalis* con aumento 10x, obtenidas del predio CO. Las letras A, B y C representan al T40, T70 y T100, respectivamente..... 20
- Figura 9. Medias de la densidad básica de la madera de la vara durante el desarrollo del cultivo de sauce mimbre para los predios CO, HP y NB. La barra amarilla señala el inicio de los tratamientos. Se realizó una regresión (línea azul) debido a las mínimas diferencias entre predios en cada fecha de medición, reflejando así el comportamiento

general de la especie. Letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p>0,05$). 21

Figura 10. Medias del potencial hídrico xilemático durante la temporada de medición en el cultivo de sauce mimbre para los predios CO, HP y NB. La barra amarilla indica el inicio de los tratamientos. Letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p>0,05$)..... 23

RESUMEN

El cultivo de sauce mimbre (*Salix viminalis*), utilizado en Chile para la elaboración artesanal, prospera en climas templados fríos, en zonas cercanas a fuentes de agua. Aunque abunda la literatura sobre su potencial productivo, falta información con respecto a la respuesta de variables fisiológicas asociadas a la arquitectura hidráulica de las varas y su productividad en condiciones de menor disponibilidad hídrica. Este estudio buscó analizar el efecto de distintos niveles de riego en la flexibilidad, biomasa y variables fisiológicas y anatómicas asociadas a la arquitectura hidráulica de varas de *S. viminalis*. Se aplicaron tres tratamientos de riego: T40, T70 y T100, equivalentes al 40%, 70% y 100% de la evapotranspiración del cultivo estimada (ET_C). Se utilizó un DBCA con cuatro repeticiones en tres predios en Chimbarongo. Los resultados indican que hubo cambios en la arquitectura hidráulica de las varas tratadas con el 40% de la ET_C , que incluyen una mayor densidad básica de la madera y menor área de lumen. Además, se observaron adaptaciones fisiológicas, como un aumento en el Valor Huber y una reducción en el largo de vara, en T70 y T40. Sin embargo, no hubo efecto en la flexibilidad de las varas ni en el rendimiento. Los resultados sugieren adaptaciones anatómicas y fisiológicas de *S. viminalis* para afrontar la menor disponibilidad hídrica y mantener la integridad de su sistema vascular.

Palabras clave: Fibra vegetal, relaciones hídricas, sequía.

ABSTRACT

The production of wicker (*Salix viminalis*), used in Chile for artisanal production, thrives in cold temperate climates, in areas close to water sources. Although literature abounds on its productive potential, there is a lack of information regarding the response of physiological variables associated with the hydraulic architecture of the rods and their productivity in conditions of lower water availability. This study sought to analyze the effect of different irrigation levels on the flexibility, biomass and physiological and anatomical variables associated with the hydraulic architecture of *S. viminalis* rods. Three irrigation treatments were applied: T40, T70 and T100, equivalent to 40%, 70% and 100% of the estimated crop evapotranspiration (ET_c). A DBCA was used with four repetitions in three farms in Chimbarongo. The results indicate that there were changes in the hydraulic architecture of the sticks treated with 40% of the ET_c, which include a greater basic density of the wood and a smaller lumen area. In addition, physiological adaptations were observed, such as an increase in the Huber Value and a reduction in shaft length, at T70 and T40. However, there was no effect on shaft flexibility or performance. The results suggest anatomical and physiological adaptations of *S. viminalis* to cope with reduced water availability and maintain the integrity of its vascular system.

Keywords: Drought, vegetable fiber, water relations.

INTRODUCCIÓN

Actualmente existen diversas fibras naturales utilizadas en la confección de utensilios y muebles. En Chile, destaca la fibra de mimbre obtenida de las varas del sauce mimbre *Salix viminalis* con las cuales se realiza artesanía. La destreza de sus artesanos y la calidad del mimbre ha sido reconocida a nivel mundial, otorgando a la comuna de Chimbarongo el reconocimiento de “Capital Artesanal del Mundo”. El sauce mimbre corresponde a un cultivo leñoso caracterizado por producir varas de gran flexibilidad, propiedades que lo hacen ideal para la confección de canastos, muebles y artículos varios (Gutiérrez, 2012). Sin embargo, a pesar de ser una artesanía tan reconocida, la superficie del cultivo ha disminuido de 223 ha cultivadas en 1998 (Ábalos, 1998) a 107,5 ha en 2007 (Arancibia y Casals, 2016). Un componente clave que ha afectado su producción, así como la de muchos rubros agrícolas, es la grave escasez hídrica que afecta la zona central del país (Garreaud *et al.*, 2019).

La sequía es un importante estrés ambiental que genera graves impactos en la productividad y supervivencia de una planta (Pucholt *et al.*, 2015). En este sentido, las plantas del género *Salix* han mostrado una alta sensibilidad al déficit hídrico (Cochard *et al.*, 2007) al depender en gran medida de la disponibilidad de agua (Lee, 2012), consumiendo más de 8.000 m³ ha⁻¹ (Ábalos, 1998).

Rood *et al.* (2003) señalan que las especies de sauce tienden a aparecer en lugares húmedos, lo que hace pensar que son propensas al estrés por baja disponibilidad hídrica. Bartlett *et al.* (2016) y Schultz (2003) indican que las plantas con xilemas más vulnerables presentan la tendencia de un comportamiento isohídrico característico de una planta evasiva. Durante la sequía, estas plantas tienden a cerrar sus estomas para evitar perder agua por transpiración (Gerzon *et al.*, 2015), lo que a su vez impide la disminución del potencial hídrico por debajo de umbrales críticos que podrían inducir la cavitación (Simonneau *et al.*, 2017). Un rasgo utilizado para cuantificar la vulnerabilidad a la cavitación es el valor de P₅₀, definido como el potencial hídrico que induce una pérdida del 50% en la conductividad hidráulica (Fichot *et al.*, 2015), siendo útil como índice de resistencia a la falla catastrófica del xilema bajo sequía (Meinzer *et al.*, 2009). En el caso de *Salix*, Cochard *et al.* (2007) han señalado que es un género con gran vulnerabilidad a la falta de agua por su alto umbral de cavitación (P₅₀ de -1,5 MPa). En este sentido, se podría pensar que *Salix* tiene estrategias características de plantas isohídricas al ser considerada una especie vulnerable a la cavitación debido a su relativamente alto P₅₀.

En este sentido, un concepto importante para entender el flujo de agua en las plantas es la arquitectura hidráulica (AH), la cual corresponde al sistema de transporte de agua dentro de la planta desde las raíces hasta las hojas (Tyree y Ewers, 1991). La AH se determina por factores como el tamaño y densidad de vasos del xilema, la relación entre el área de hoja y área de albura, la altura de la planta, densidad básica de la madera, entre otros.

Pérez *et al.* (2013) definen la densidad básica de la madera como la relación entre el peso seco de la madera de una sección de tallo y el volumen de la misma sección cuando aún está fresco (g cm⁻³). Esta variable se relaciona positivamente con la resistencia mecánica y las capacidades hidráulicas de la rama o tronco, y es inversamente proporcional al diámetro y

frecuencia de vasos xilemáticos (Barnett y Jeronimidis, 2003). Swenson y Enquist (2007) señalan que mientras mayor sea la densidad básica de la madera, el xilema será más resistente a la cavitación, lo que en conjunto con el tamaño de los vasos influirá directamente en la conductividad hidráulica del xilema (Tyree y Ewers, 1991). En este sentido, bajo condiciones de baja disponibilidad de agua se ha visto una reducción en el diámetro de vasos xilemáticos y el aumento de su número por unidad de área (densidad de vasos), lo que provoca que una mayor proporción del xilema esté ocupado por fibras (Fortunel *et al.*, 2014). Sin embargo, este cambio reduce la eficiencia hidráulica, definida como la tasa de transporte de agua a través de un área y longitud de albura, a una diferencia de presión dada (Lambers *et al.*, 2008).

Para crear sus productos artesanales, los artesanos de mimbre utilizan varas *S. viminalis*. En este sentido, la densidad básica de la madera está fuerte y positivamente correlacionada con la rigidez (Van Gelder *et al.*, 2006) y la resistencia a la flexión de la madera (Larjavaara y Muller, 2010). De acuerdo con Gere (2004), la rigidez corresponde a la cantidad de desviación de un segmento de madera bajo una fuerza conocida, mientras que la resistencia a la flexión equivale a la cantidad máxima de tensión que se puede aplicar en una sección transversal de madera antes de provocar una ruptura. Por consiguiente, las varas con una mayor densidad básica de la madera son más difíciles de manipular debido a su rigidez y resistencia a la flexión.

Actualmente, los productores de mimbre de la comuna de Chimbarongo presentan una gran preocupación por la escasez hídrica que afecta sus plantaciones. Mediante comunicación personal indican que normalmente utilizan riego por surcos o por tendido, y que la disminución de agua no les ha permitido manejar el cultivo como acostumbran sin sacrificar su producción. Tecnificar el riego podría ser una buena alternativa para mejorar la distribución del agua y ser más eficientes. Sin embargo, no se conoce el efecto de una menor disponibilidad hídrica sobre variables fisiológicas asociadas a la arquitectura del sistema hidráulico de las varas de *Salix viminalis*. Considerando que *Salix* es un género que generalmente se encuentra en zonas de alta humedad (Zhai *et al.*, 2020), estudios señalan que estas especies se consideran como hídricamente vulnerables. En este sentido, la relevancia de este estudio radica en analizar el comportamiento de distintas variables asociadas a la AH de la madera de *S. viminalis* bajo diferentes niveles de régimen hídrico, lo que permitiría a los agricultores utilizar de mejor manera el recurso hídrico sin grandes pérdidas de producción y calidad de material cosechado.

HIPÓTESIS

El riego deficitario disminuye la producción de *Salix viminalis*, aumenta la densidad básica de madera y disminuye la flexibilidad de sus varas.

OBJETIVOS

General

Analizar el efecto de distintos niveles de régimen hídrico sobre la calidad, producción de biomasa, variables fisiológicas y anatómicas asociadas a la arquitectura hidráulica de varas de *S. viminalis*.

Específicos

Determinar el efecto de diferentes niveles de régimen hídrico sobre la producción de varas de *S. viminalis*.

Determinar el efecto de diferentes niveles de régimen hídrico sobre variables fisiológicas y anatómicas asociadas a la arquitectura hidráulica de *S. viminalis*.

Determinar el efecto de diferentes niveles de régimen hídrico sobre la calidad de las varas de *S. viminalis*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio

El estudio se realizó en el sector de Codegua perteneciente a la comuna de Chimbarongo, provincia de Colchagua, Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, en los predios de Cristian Olivos (34°46'05.7''S y 70°56'58.8''O), Héctor Pino (34°45'25.9''S y 70°57'13.9''O) y Néstor Bravo (34°46'24.8''S y 70°56'48.0'' O). El estudio se efectuó entre los meses de septiembre del 2020 hasta junio del 2021. Los análisis de laboratorio se realizaron en el laboratorio Suelo – Agua – Planta de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, así como en los laboratorios de Anatomía de la Madera y el de Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera, ambos pertenecientes a la Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza de la misma Universidad, ubicados en La Pintana, Santiago, Región Metropolitana (33°34'S y 70°38'O, 623 m.s.n.m.).

El clima de la comuna de Chimbarongo es templado cálido, caracterizado por tener lluvias y nubosidad en los meses de invierno además un período seco que se prolonga durante 8 meses (Vivanco y Soto, 2010). Las temperaturas medias anuales corresponden a 11,2°C; mientras que las precipitaciones medias anuales a 356,9 mm (BiRH, 2018). Los suelos de esta comuna corresponden a la clase textural franco arcillosa, con profundidades que pueden abarcar de 30 a 150 cm según la serie de suelo (CIREN, 1996).

Materiales

Material biológico

Los tratamientos se aplicaron sobre plantas de la especie *Salix viminalis* L. Se utilizaron hojas y varas de la temporada provenientes de plantas de 5 años.

Metodología

Tratamientos y diseño experimental

El experimento fue repetido en tres predios distintos, cada uno identificado por el nombre de su propietario (Cuadro 1). Las plantas de *S. viminalis*, dispuestas en hileras, fueron sometidas a tres regímenes hídricos: uno de control (T100), equivalente al 100% de la evapotranspiración estimada del cultivo (ET_C), y dos niveles adicionales de riego, denominados como T40 y T70. Estos últimos representaron el 70% y el 40%, respectivamente, del riego aplicado en el tratamiento de control (T100). Se utilizó un sistema de riego por cinta para aplicar los tratamientos, los cuales se comenzaron a aplicar a partir de la quinta semana de iniciado el riego, y fueron calculados en base a la evapotranspiración del cultivo. La unidad experimental correspondió a cinco hileras de 5 m de largo (17,5 m²) con cuarenta plantas en su interior. Los tres tratamientos de riego estuvieron dispuestos en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. El factor de bloqueo correspondió a la pendiente. En cada predio, las parcelas y sus respectivos tratamientos fueron distribuidos de manera aleatoria.

Cuadro 1. Agricultores con quienes se llevaron a cabo los ensayos y distribución de plantación (m^2) utilizada en cada predio.

Agricultores	Sigla del predio	Distribución de plantas
Cristian Olivos	CO	0,80x0,70
Héctor Pino	HP	0,75x0,70
Néstor Bravo – Miguel Pérez	NB	0,75x0,70

Manejo del experimento

El ensayo fue manejado con el objetivo de mantener tres niveles de régimen hídrico: T100 (100% de la ET_c estimada), T70 (70% de la ET_c) y T40 (40% de la ET_c). Para ello, se usó un sistema de riego por cinta con goteros cada 0,2 m y un caudal de $1,2 L h^{-1}$, ubicado sobre la hilera de plantación. Para los cálculos se utilizó un umbral de riego del 50% y una eficiencia del sistema del 90%. La precipitación del equipo fue de $8,57 mm h^{-1}$. Para fines de cálculo de la precipitación de los equipos de riego se consideró para los tres predios un marco de plantación de 0,75 m x 0,7 m.

Previo al inicio de los tratamientos, se regaron por tendido todas las parcelas en los tres predios para igualar el contenido de agua de los experimentos. La frecuencia de riego fue cada 7-8 días, reponiendo la lámina evapotranspirada, durante ese periodo, por el tratamiento T100, mientras que los tiempos de riego del T70 y T40 correspondieron al 70% y 40% del tiempo de riego utilizado para regar en T100, respectivamente. Para los cálculos de tiempo de riego se utilizó el balance hídrico del suelo, el cual, por temas prácticos, consideró el promedio (Cuadro 3) de los datos de capacidad de campo, punto de marchitez permanente y densidad aparente de los tres predios (Cuadro 2) obtenidos del análisis de suelo (Anexo II, III y IV). Finalmente, los tiempos de riego aplicados en los tres predios fueron los mismos de acuerdo con cada tratamiento.

Cuadro 2. Densidad aparente (D_a), altura de agua a capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP) de cada predio a los 0-20 cm, 20-40 cm y 40-60 cm de profundidad.

Variable	Predio								
	CO			HP			NB		
	0-20 cm	20-40 cm	40-60 cm	0-20 cm	20-40 cm	40-60 cm	0-20 cm	20-40 cm	40-60 cm
D_a ($g cm^{-3}$)	1,42	1,37	1,44	1,55	1,50	1,44	1,37	1,55	1,52
CC (cm)	7,19	7,15	6,85	6,17	6,57	7,20	7,15	6,14	6,38
PMP (cm)	3,55	3,40	3,37	3,04	3,33	3,48	3,40	3,10	3,10

Cuadro 3. Medias estimadas de altura de agua aprovechable (Ha), capacidad de campo (CC) y a punto de marchitez permanente (PMP) de los predios hasta los 60 cm de profundidad.

Altura de agua	Media (cm)	Predio		
		CO	HP (cm)	NB
Ha	10,40	10,87	10,09	10,08
CC	20,38	21,19	19,94	19,67
PMP	9,97	10,32	9,92	9,60

Para estimar la evapotranspiración del cultivo se siguió la metodología entregada por Allen *et al.* (1998), utilizando la fórmula:

$$ET_C = ET_0 * K_C$$

Donde:

ET_C: Evapotranspiración del cultivo [mm d⁻¹].

K_C: Coeficiente del cultivo [adimensional].

ET₀: Evapotranspiración del cultivo de referencia [mm d⁻¹].

Los requerimientos hídricos de las plantas se estimaron a partir de la evapotranspiración de referencia (ET₀), obtenida del sitio web de Agroclima (Red Agroclimática Nacional), utilizando la estación meteorológica más cercana a los predios (Esc. Agrícola Las Garzas). Para la estimación del coeficiente de cultivo (K_C), se utilizó el enfoque de coeficiente dual del cultivo, determinando por separado los efectos de la transpiración del cultivo (K_{CB}) y la evaporación del suelo (K_E), siguiendo lo indicado por Allen *et al.* (1998):

$$K_C = K_{CB} + K_E$$

Donde:

K_C: Coeficiente del cultivo [adimensional].

K_{CB}: Coeficiente basal del cultivo [adimensional].

K_E: Coeficiente de evaporación [adimensional].

Para obtener los valores de K_{CB}, primero se estimó la cobertura del cultivo a partir de una función logística en función del tiempo (días desde la brotación), ajustando los parámetros de la función mediante el método de mínimos cuadrados para obtener una estimación precisa de la cobertura del cultivo en condiciones reales. Para ello, se utilizó la metodología propuesta por Raes *et al.* (2021).

$$CC(t) = \frac{a}{1+b \times e^{(-c \times t)}}$$

Donde:

CC(t): Cobertura estimada del cultivo en función del tiempo [adimensional].

a: Límite superior de la cobertura del cultivo [adimensional].

b: Velocidad a la que aumenta el cultivo [adimensional].

c: Tasa de cambio de la cobertura en el tiempo [adimensional].

t: Días desde brotación [adimensional].

Posteriormente, se corrigió la cobertura del cultivo (CC) para tener en cuenta los efectos advectivos. Esta corrección se basó en estudios realizados por Adams *et al.* (1976) y Villalobos y Fereres (1990):

$$CC^* = 1,72 CC - CC^2 + 0,30 CC^3$$

Donde:

CC*: Cobertura del cultivo corregida para efectos micro-advectivos [adimensional].

CC: Cobertura estimada del cultivo en función del tiempo [adimensional].

El coeficiente de cultivo basal (K_{CB}) se calculó multiplicando la cobertura ajustada del cultivo (CC*) por un valor predefinido de 1,1, asumiendo un valor máximo de cobertura de 1,1 para un cultivo con características similares al sauce mimbre (Allen *et al.*, 1998). Por otra parte, el coeficiente de evaporación (K_E) se determinó como el producto entre la fracción de suelo descubierto y la fracción de suelo mojado, considerando un nivel de humedad del suelo del 20% debido al riego por cinta. Finalmente, el K_C fue estimado como la suma de K_{CB} y K_E .

Variables evaluadas

Durante la temporada de crecimiento del cultivo se hicieron siete campañas de medición en los predios de los agricultores entre los meses de septiembre (2020) y abril (2021), esto para medir las variables asociadas al estado hídrico y crecimiento de las plantas. Al término de la temporada se realizó la octava campaña donde se cosechó el material (25 de julio del 2021) para medir su rendimiento y calidad.

Variables medidas en el tiempo

A lo largo de la temporada se realizaron ocho campañas de medición resumidas en el Cuadro 4. Durante la campaña seis sólo se midió la cobertura del cultivo.

Cuadro 4. Fechas de medición abarcadas durante la temporada de evaluación.

Número de medición	Fecha
1	11 de noviembre del 2020
2	10 de diciembre del 2020
3	28 de diciembre del 2020
4	25 de enero del 2021
5	26 de febrero del 2021
6	30 de marzo del 2021
7	13 de abril del 2021
8	25 de julio del 2021

Contenido gravimétrico de agua en el suelo. Se tomaron muestras entre los 0-20 cm y de 20-40 cm de profundidad a 10 cm de la cinta de riego. Posteriormente las muestras fueron colocadas en cilindros para luego medir el peso de muestra húmeda. Finalmente, las muestras fueron secadas en estufa (Venticell, MMM Group, Deutschland) a 105°C hasta peso constante para determinar su peso seco. Ambos pesos, húmedo y seco, fueron medidos con una balanza de precisión modelo PS 0.6.R2.

Potencial hídrico en mediodía. Las mediciones fueron en tres brotes al azar por unidad experimental, con hojas completamente expandidas, entre las 12:30 y 14:30 horas durante el cenit solar. Para ello, se midió el potencial xilemático cubriendo la hoja con aluminio y plástico 1 hora previa a la medición. Se usó una cámara de presión modelo 1505D EXP (PMS Instrument Company, USA) siguiendo la metodología indicada por Scholander *et al.* (1965).

Área foliar específica (SLA) y Valor Hubert (VH). Se cosecharon tres ejes al azar de cada unidad experimental. De cada eje se sacó una muestra de quince hojas para determinar su área mediante un scanner utilizando el programa ImageJ (Rueden *et al.*, 2017), y la masa seca, la cual se obtuvo secando la muestra de hojas en estufa hasta peso constante para posteriormente medir su peso en una balanza de precisión modelo PS 0.6 R.2. La SLA fue estimada como el cociente entre ambas variables. Luego, se secaron las hojas totales de cada eje y el área foliar por eje fue calculada como el producto entre la masa seca de hojas por eje y la SLA. El área de albura fue estimada asumiendo la superficie del corte transversal como la de un círculo, a partir de la medición del diámetro distal de un corte transversal de la base de cada eje, sin contar la corteza del segmento. Finalmente, el VH fue calculado como el cociente entre el área de albura de cada eje y su área foliar. Estas mediciones se realizaron hasta la última campaña en que había hojas en el cultivo.

Fracción de cobertura. Se evaluó la fracción de cobertura midiendo la radiación interceptada (PAR_i) durante el medio día en días completamente despejados. Para determinar la radiación incidente se utilizó un ceptómetro lineal (AccuPar LP-80, Decagon Devices, Washington, EE. UU.) sobre el dosel. Para determinar la radiación que llega al suelo sin ser interceptada por el cultivo el ceptómetro se ubicó en la parte inferior del dosel de cada unidad experimental. Se realizaron tres mediciones al azar por unidad experimental. El cálculo de la radiación fotosintéticamente activa interceptada se realizó como sigue (Monteith, 1981):

$$PAR_i = \frac{PAR_0 - PAR_{in}}{PAR_0}$$

Donde:

PAR_i : Fracción de Radicación Interceptada [$\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$] o fracción de cobertura [adimensional].

PAR_0 : Radicación incidente sobre el dosel [$\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$].

PAR_{in} : Radicación que llega al suelo sin ser interceptada [$\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$].

Largo de la vara. Con una huincha de medir se determinó el largo de las tres varas utilizadas en la medición de SLA y VH. La medición se hizo desde la zona de corte hasta el extremo apical de la vara. Esta medición se realizó también en la cosecha.

Densidad básica de la madera. Esta variable se estimó como la relación entre la masa seca de una muestra de madera y su volumen fresco, expresado en g cm^{-3} . Para ello, se utilizaron tres segmentos de vara por unidad experimental, los cuales fueron obtenidos de la base de las tres varas previamente seleccionadas para la medición de SLA y VH, en donde se descartó el primer nudo y se evaluaron los tres siguientes, para que fueran de la misma edad. Cada segmento de vara fue colocado en agua destilada durante cuatro días para que se hidratara y así determinar su volumen fresco utilizando el método dimensional indicado por Pérez *et al.* (2013), midiendo la longitud, diámetro distal y proximal de los fragmentos mediante un caliper (pie de metro). Finalmente, para obtener el peso seco las muestras se secaron en una estufa de aire forzado (Venticell, MMM Group, Deutschland) a 70°C hasta peso constante, y posteriormente ser medido con una balanza de precisión modelo PS 0.6.R2. Esta medición se realizó también en la cosecha.

Variables medidas al final de la temporada

Eficiencia del uso del agua intrínseca (EUA_i), Composición Isotópica de Oxígeno 18 y Discriminación Isotópica de Carbono 13. De los brotes de las tres varas utilizadas para las otras mediciones que fueron cosechadas al final de la temporada se hizo la medición de isótopos estables. Las muestras fueron secadas en estufa (Venticell, MMM Group) a 60°C por 3 días hasta lograr un peso constante y posteriormente se procesaron en molino hasta obtener un polvo fino. Se realizó el procedimiento estándar en el Laboratorio de Isótopos Estables de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, con un espectrómetro de masa de relación isotópica modelo INTEGRA2 (Sercon Ltd. Cheshire, UK). Para estimar la discriminación isotópica de carbono 13 se utilizó la fórmula descrita por Squeo y Ehleringer (2004):

$$\Delta^{13}\text{C} = \frac{[\delta^{13}\text{C}_a - \delta^{13}\text{C}_b]}{1 + \delta^{13}\text{C}_a/1000}$$

Donde:

$\Delta^{13}\text{C}$ = Discriminación isotópica de carbono 13 (‰).

$\delta^{13}\text{C}_a$ = Composición isotópica de carbono 13 del aire (-8 ‰).

$\delta^{13}\text{C}_b$ = Composición isotópica de carbono 13 de la muestra.

Finalmente, se obtuvo la EUA_i mediante la fórmula propuesta por Weiwei *et al.* (2018):

$$EUA_i = Ca \frac{b - \Delta^{13}\text{C}}{1,6 (b - a)}$$

Donde:

EUA_i = Eficiencia del uso del agua intrínseca ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$).

a : Discriminación causada por difusión en aire (4,4%).

b : Discriminación ^{13}C de la enzima RuBP carboxilasa (27%).

$\Delta^{13}\text{C}$ = Discriminación isotópica de carbono 13 (‰).

Ca : Concentración de CO_2 atmosférico ($\mu\text{mol mol}^{-1}$), considerado de 405,67 ($\mu\text{mol mol}^{-1}$).

1,6: Relación de la difusividad del vapor de agua por sobre la difusividad del CO_2 .

Rendimiento. Se cosecharon las varas de mimbre al final de la temporada y fueron llevadas a estufa (Venticell, MMM Group, Deutschland), para posteriormente expresar el rendimiento en kg ha^{-1} de materia seca. Para ello se cosecharon las varas de seis plantas de las hileras centrales, sin considerar plantas de los bordes, y se extrapoló el valor obtenido a hectárea. Esto se realizó en julio, después que todas las hojas habían caído. La cosecha se realizó de manera manual por medio de una tijera de podar a unos centímetros del tocón.

Peso y número de varas por calibre. Las varas cosechadas fueron separadas según su longitud en varas finas, medianas y gruesas. Para esta separación se siguió la norma de calidad NCH 2039 del Instituto Nacional de Normalización (INN), la cual establece la clasificación y características físicas que debe cumplir el mimbre como materia prima para fines de muebles y cestería (Ábalos, 2005) (Cuadro 5). Una vez clasificadas las varas fueron pesadas y contadas por separado para obtener las mediciones descritas en el Cuadro 6. El peso se expresó en porcentaje con respecto al peso fresco total. Se estimó, además, el número de varas por hectárea utilizando la densidad de plantación de cada predio (Cuadro 1) y el número de varas cosechadas de las seis plantas utilizadas en la medición de rendimiento.

Cuadro 5. Dimensiones requeridas de las varillas de mimbre según la norma 2039.

Variedad	Longitud (cm)	Diámetro*	
		Mínimo	Máximo
Fino	80-160	2	4
Mediano	160-280	5	11
Grueso	280-400	12	n.d.

*Medido en la base de la vara.

Cuadro 12. Siglas utilizadas en la medición del rendimiento, del porcentaje de peso fresco y del número de varas por cada calibre.

Sigla	Medición
RF	Rendimiento en fresco
RS	Rendimiento en seco
PFG	Porcentaje del peso fresco de varas de calibre grueso
PFM	Porcentaje del peso fresco de varas de calibre mediano
PFF	Porcentaje del peso fresco de varas de calibre fino
NVG	Porcentaje del número de varas de calibre grueso
NVM	Porcentaje del número de varas de calibre mediano
NVF	Porcentaje del número de varas de calibre fino

*Los porcentajes de peso y número son en base al valor total del peso fresco y al número de varas totales cosechadas por unidad experimental, respectivamente.

Anatomía de fibras y vasos xilemáticos. Se analizó a partir de cortes anatómicos realizados sobre varas medianas en secciones de la misma edad, utilizando como muestra los 2,5 cm siguientes al corte realizado para densidad básica de la madera de las varas cosechadas al final de la temporada (Figura 1). Se siguió la metodología descrita por Garrido *et al.* (2020) utilizando una cámara digital CANON Esos Revel T5 y un microscopio óptico Zeiss-Axio

Lab. A1, USA para captar las dimensiones de los segmentos, que posteriormente fueron analizados mediante el programa ImageJ (Rueden *et al.*, 2017) para calcular su área. Las muestras fueron conservadas en alcohol de 70° hasta el momento de la medición. Se midió el área del lumen de cada vaso y su número para determinar el área promedio de cada vaso (μm^2), y la densidad de vasos (mm^2) como la relación entre el número de vasos en la imagen y su área total respectiva, equivalente a $3,77 \text{ mm}^2$.

Módulo de elasticidad. Se realizó un ensayo de flexión estática para el cálculo del módulo de elasticidad. Para ello, se utilizó una máquina universal de ensayos INSTRON modelo 4411 perteneciente al Laboratorio de Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Chile. Se midió la flexión estática en segmentos de 19 cm localizados en la base de las varas, las cuales se utilizaron previamente en la medición de densidad básica de la madera y la realización de cortes anatómicos en la disposición descrita en la Figura 1. El contenido de humedad de las varas al momento de la medición fue 11,53%. Se estableció una longitud estándar para el segmento de prueba, conocida como luz de ensayo (L) equivalente a 150 mm. Esta luz de ensayo fue sometida a una carga continua al centro de esta, a una velocidad de 10 mm min^{-1} de desplazamiento. Para los cálculos se consideró un Límite de Proporcionalidad equivalente al 40% de la carga aplicada hasta que la muestra fue deformada. Los resultados fueron expresados en MPa como indica el Sistema Internacional de Unidades. Para obtener los valores del módulo de elasticidad se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$Me = \frac{L^3 * m}{48 * I}$$

$$I = \frac{\pi * D^4}{64}$$

Donde:

Me: Módulo de elasticidad a la flexión (kg cm^{-2}).

L: Luz de ensayo (cm).

m: Coeficiente angular de la parte recta del gráfico de carga vs deformación.

I: Momento de inercia (cm^4).

D: Diámetro de la sección media de la luz de ensayo (cm).

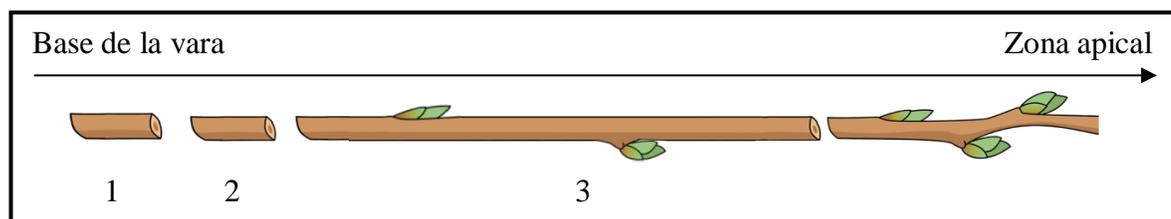


Figura 1. Disposición de los segmentos de tallo destinados a diversas mediciones realizadas al final de la temporada. Desde la base de la vara, se midió la densidad básica de la madera (1), los cortes anatómicos (2) y el módulo de elasticidad (3).

Análisis estadístico

Para las variables medidas en cada campaña de evaluación se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con estructura de parcelas divididas. Se consideró como parcela principal el régimen hídrico y como subparcela el momento cuando se realizó la medición (medidas repetidas en el tiempo) utilizando el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + T_j + (RT)_{ij} + B_k + P_{i(k)} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable de respuesta medida en la ijk -ésima unidad experimental.

μ = Media general.

B_k = Efecto de los bloques.

R_i = Efecto del riego (tratamiento de parcela principal).

T_j = Efecto del momento de medición (tratamiento de la subparcela).

$(RT)_{ij}$ = Efecto de la interacción riego y tiempo.

$P_{i(k)}$ = Efecto de la parcela principal.

ϵ_{ijk} = Error de la subparcela.

$i = 1, 2, 3$ $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ $k = 1, 2, 3, 4$

En el caso de estas variables cosechadas al final de temporada se consideró un diseño en bloques completos al azar con estructura factorial y repeticiones anidadas dentro del factor ambiente (Balzarini *et al.*, 2005). Se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + P_i + \tau_j + (PT)_{ij} + \beta_{k(i)} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Es la j -ésima observación del i -ésimo tratamiento en el k -ésimo bloque.

μ = Es la media general de las observaciones.

P_i = Es efecto del i -ésimo predio.

τ_j = Es el efecto del j -ésimo tratamiento.

$(PT)_{ij}$ = Es el efecto de la interacción del i -ésimo predio en el j -ésimo tratamiento.

$\beta_{k(i)}$ = Es el efecto del j -ésimo bloque anidado al i -ésimo predio.

ϵ_{ijk} = Error asociado a la ijk -ésima observación.

$i = 1, 2, 3$ $j = 1, 2, 3$ $k = 1, 2, 3, 4$

Los resultados obtenidos durante el período de crecimiento del cultivo fueron sometidos a un análisis de modelos lineales mixtos. Para la evaluación de las variables medidas al final de la temporada, se llevó a cabo un análisis de varianza (ANAVA), para evaluar el efecto del ambiente (predio), tratamiento (régimen hídrico) y la interacción predio x tratamiento. Dado que únicamente se observó efecto de los tratamientos en el predio CO, se realizó un ANAVA específicamente en dicho predio para el análisis del efecto de los tratamientos sobre las variables medidas al final de la temporada. Se utilizó un nivel de confianza del 95%. En los casos en que se detectó interacción entre los dos factores analizados, o de los factores actuando de manera independiente, se realizó una prueba de comparaciones múltiples de LSD Fisher. Todos los análisis estadísticos se hicieron con el software InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2016) y el lenguaje de programación R (R Core Team, 2019).

RESULTADOS

Condiciones meteorológicas de la temporada 2020 - 2021

La temporada se inició en septiembre del 2020 y finalizó en julio del 2021. Se registraron las condiciones meteorológicas presentes a lo largo del desarrollo del cultivo (Anexo 1), las que se usaron en los cálculos de riego aplicados en cada tratamiento.

Durante el desarrollo del ensayo la temperatura media diaria del período fue de 14°C, la precipitación total acumulada fue de 141,5 mm, la radiación solar acumulada fue de 249.132 W m⁻² y la evapotranspiración de referencia total del período fue de 904 mm. La mayor demanda evapotranspirativa ocurrió en noviembre, diciembre y enero, siendo este último mes el período con mayor aporte de agua por precipitaciones.

Balance hídrico

En la Figura 2 se observa un balance hídrico con los riegos aplicados del T100, T70 y T40 promediados de los tres predios, considerando las precipitaciones ocurridas durante el periodo de estudio. Previamente a la aplicación de los tratamientos, se realizaron tres riegos el 22 de octubre, 7 de noviembre y el 14 de noviembre, respectivamente. Los primeros riegos se hicieron de manera homogénea en los predios con el fin de suplir completamente la demanda evapotranspirativa del cultivo y dejar los predios relativamente equivalentes en términos de contenido de agua en el suelo. Los tratamientos de riego iniciaron el 21 y 22 de noviembre en los predios de CO y HP, y el 28 de noviembre en el predio de NB.

Se realizó un total de 21 riegos desde el comienzo de los tratamientos. La cantidad total de agua suministrada a lo largo de la temporada, considerando los aportes de precipitación y riegos realizados antes y después del inicio de los tratamientos, fue de 873 mm, 698 mm y de 523 mm para los tratamientos T100, T70 y T40, respectivamente. En cuanto a la cantidad total de agua aplicada desde el inicio de los tratamientos, esta fue de 584 mm, 409 mm y 234 mm para los tratamientos T100, T70 y T40, respectivamente (Apéndice 1).

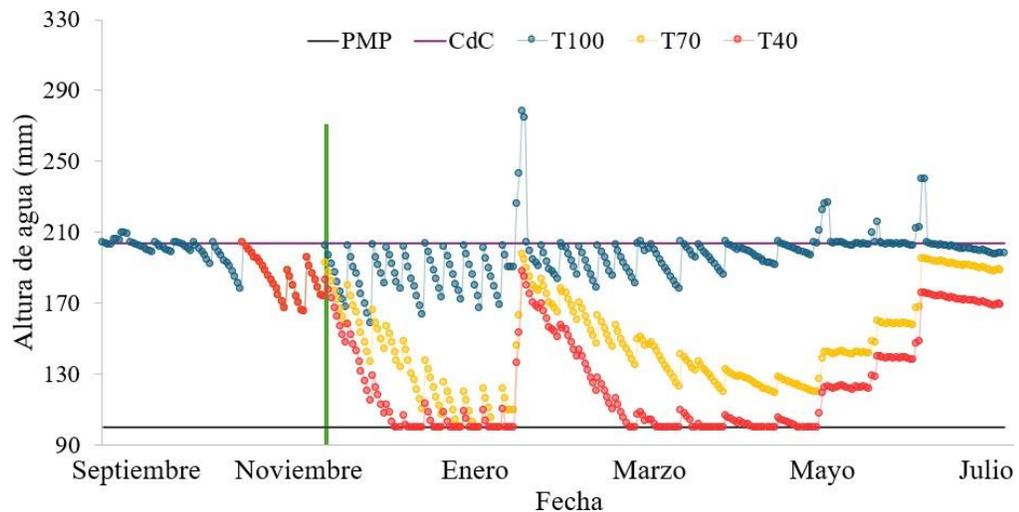


Figura 2. Balance hídrico promedio de los predios CO, HP y NB desde el día de brotación (1 de septiembre del 2020), considerando aportes de riegos (T100, T70, T40) y eventos de lluvia (mm). La barra verde indica el inicio de la aplicación de los tratamientos de riego. En gris y morado se indica el punto de marchitez permanente promedio (PMP) y capacidad de campo promedio (CdC), respectivamente.

Contenido gravimétrico de agua en el suelo

En cuanto al contenido de agua en el suelo, no hubo interacción entre los tratamientos y el momento de medición en el perfil 0-20 cm ni en el perfil 0-40 cm. Hubo efecto de los tratamientos y de la fecha de muestreo solamente en el perfil de 0-20 cm (Apéndice 2).

En el predio CO, el T100 mostró un contenido de agua mayor que los tratamientos T40 y T70, con una media de 43,2 mm en el perfil de suelo de 0-20 cm. En los predios HP y NB, los tratamientos T100 y T70 mostraron un mayor contenido de agua promedio que el T40, donde el valor promedio fue de 57,9 mm para HP y 64,6 mm para NB (Cuadro 7). La última fecha de medición tuvo los mayores valores de contenido de agua en el suelo (Figura 3). El predio CO tendió a ser el que menor valor tuvo para ambos perfiles de suelo (Cuadro 7).

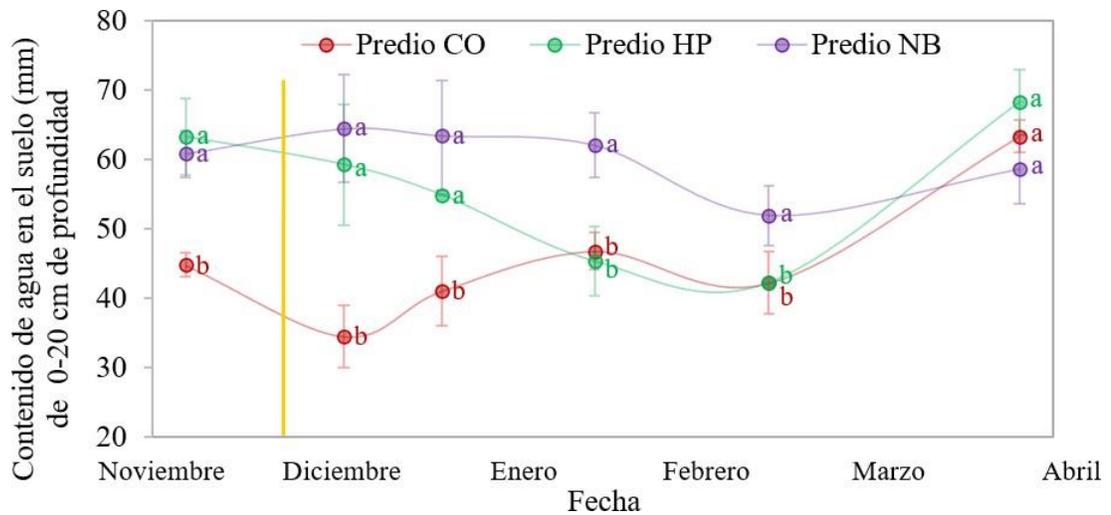


Figura 3. Medias del contenido de agua en el suelo (mm) en el perfil de 0-20 cm de profundidad durante la temporada de medición para los predios CO, HP y NB. La barra amarilla indica el inicio de los tratamientos. Letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente en cada fecha de medición ($p > 0,05$).

Cuadro 7. Medias del contenido gravimétrico de agua en el a profundidades de 0-20 cm y 0-40 cm en el cultivo de sauce mimbre durante el periodo completo por tratamiento en los predios CO, HP y NB.

Tratamiento	Contenido de agua en el suelo en el perfil de 0-20 cm (mm)			Contenido de agua en el suelo en el perfil de 0-40 cm (mm)		
	Predio			Predio		
	CO	HP	NB	CO	HP	NB
T40	41,2 b	51,0 b	56,3 b	97,09 a	89,58 a	116,51 a
T70	45,1 b	55,6 a	63,8 a	99,38 a	105,66 a	131,99 a
T100	50,0 a	60,1 a	65,4 a	100,96 a	103,28 a	125,72 a

Valores con letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p>0,05$).

Efecto del Régimen Hídrico sobre Rasgos Asociados a la Arquitectura Hidráulica

Rasgos fisiológicos

Valor Huber. Hubo efecto de la interacción entre la fecha de medición y los tratamientos en el predio CO. Aunque no se observó efecto de los tratamientos, si hubo efecto de la fecha de medición en los tres predios (Apéndice 2). Las mediciones se realizaron hasta la séptima visita (13 de abril del 2021), que marcó la última fecha donde se registraron hojas. Cabe destacar que durante esta campaña no se registraron hojas en el predio NB.

En general no hubo diferencias excepto por la última campaña de medición (13 de abril del 2021), donde se observa un alza notable (Figura 4), que se diferencia estadísticamente de las anteriores mediciones (Cuadro 8). Durante esta campaña, en los predios CO y HP se observan menores valores en el T100. En el caso del predio CO, el T40 tuvo el valor más alto ($70,06 \times 10^{-4} \text{ cm}^2 \text{ cm}^{-2}$) y en contraste con el T100 ($22,77 \times 10^{-4} \text{ cm}^2 \text{ cm}^{-2}$). En el caso del predio HP, el mayor Valor Huber se observó en el T40 y T70 con un valor promedio de $53,7 \times 10^{-4} \text{ cm}^2 \text{ cm}^{-2}$, a diferencia del T100 que obtuvo una media de $29,10 \times 10^{-4} \text{ cm}^2 \text{ cm}^{-2}$ (Cuadro 8).

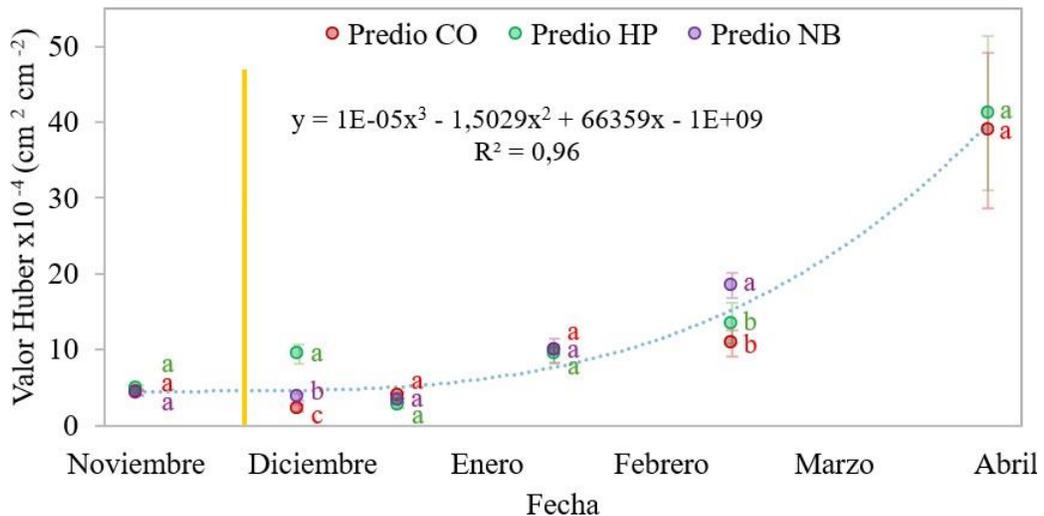


Figura 4. Medias del Valor Huber durante la temporada de medición en el cultivo de sauce

mimbre para los predios CO, HP y NB. La barra amarilla indica el inicio de los tratamientos. Se realizó una regresión (línea azul) debido a las mínimas diferencias entre predios en cada fecha de medición, reflejando así el comportamiento general de la especie. Letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p>0,05$).

Cuadro 8. Medias de la interacción entre el factor tratamiento y el factor fecha de medición para el Valor Huber en el cultivo de sauce mimbre, por predio.

Predio	Tratamiento	Valor Huber ($\times 10^{-4} \text{ cm}^2 \text{ cm}^{-2}$)					
		Campana de medición					
		11 nov	10 dic	28 dic	25 ene	26 feb	13 abril
CO	T40	4,87 c	2,77 c	3,59 c	9,83 c	12,51 c	70,06 a
	T70	4,27 c	2,40 c	4,01 c	10,06 c	10,36 c	42,58 b
	T100	4,17 c	1,62 c	4,26 c	9,77 c	9,66 c	22,77 c
HP	T40	5,22 c	10,41 c	2,44 c	10,79 c	12,22 c	52,43 a
	T70	4,74 c	9,31 c	3,37 c	8,92 c	12,88 c	54,97 a
	T100	4,61 c	8,43 c	2,42 c	8,65 c	15,25 c	29,10 b
NB	T40	4,05 b	4,02 b	3,21 b	8,54 b	15,73 b	-*
	T70	4,30 b	3,60 b	3,59 b	9,1 b	25,70 a	-*
	T100	4,47 b	3,62 b	3,13 b	12,95 b	21,23 a	-*

Valores con letras iguales en sentido horizontal no difieren significativamente por cada tratamiento para cada predio durante la temporada ($p>0,05$).

*Durante la séptima visita a terreno no se registraron hojas en el predio NB, por lo que no se determinó el Valor Huber.

Área foliar específica (SLA). No hubo efecto de la interacción entre la fecha de medición y los tratamientos aplicados y tampoco en los tratamientos en ningún predio, solo hubo diferencias estadísticamente significativas en la fecha de medición (Apéndice 2). Las mediciones se realizaron hasta la séptima visita (13 de abril del 2020), última fecha donde se registraron hojas. No hubo hojas en el predio NB durante esta campaña.

Se observó una disminución en la SLA al avanzar la temporada en todos los predios evaluados, con valores entre 139 y 174 $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$ en noviembre y entre 85 y 99 $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$ en abril (Figura 5, Apéndice 9). En general, el predio CO tendió a mostrar menores valores, siendo un 11,0 % menor que el predio HP y un 9,6% que el predio NB (Cuadro 9).

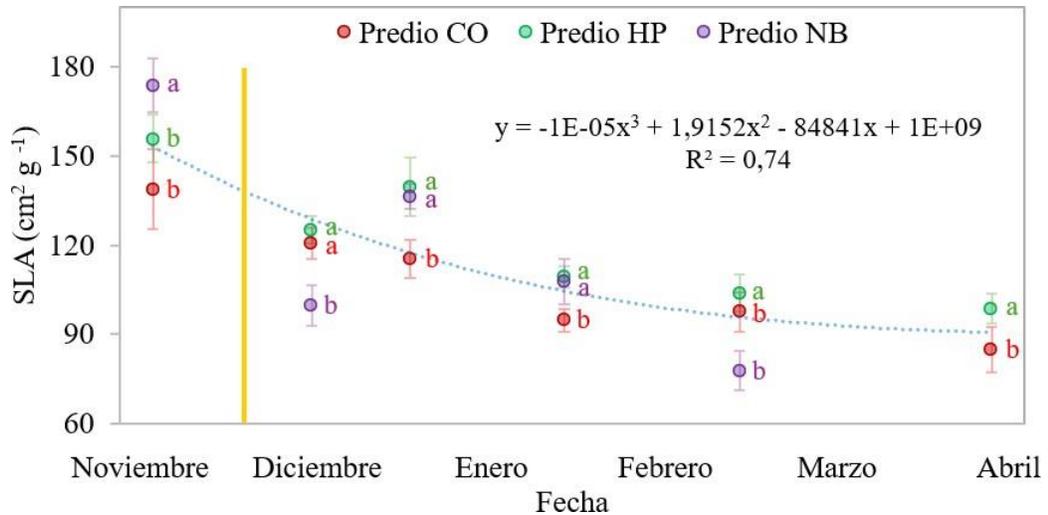


Figura 5. Medias del área foliar específica (SLA) durante la temporada de medición en el cultivo de sauce mimbre para los predios CO, HP y NB. La barra amarilla indica el inicio de los tratamientos. Se realizó una regresión (línea azul) debido a las mínimas diferencias entre predios en cada fecha de medición, reflejando así el comportamiento general de la especie. Letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p > 0,05$).

Cuadro 9. Medias del área foliar específica obtenida en el cultivo de sauce mimbre durante el periodo completo por tratamiento en los predios CO, HP y NB.

Tratamiento	Área foliar específica (cm² g⁻¹)		
	Predio		
	CO	HP	NB
T40	111,15 a	124,76 a	120,10 a
T70	109,44 a	117,29 a	120,33 a
T100	105,55 a	124,51 a	117,05 a

Valores con letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p > 0,05$).

Fracción de cobertura. No se observó efecto de la interacción entre tratamientos y la fecha de medición, tampoco se observaron diferencias entre los tratamientos en ningún predio. Solo se observaron diferencias entre fechas (Apéndice 2).

En los predios CO y NB se observó la mayor fracción de cobertura en diciembre, alcanzando valores de 0,83 y 0,87, respectivamente. En el predio HP, este aumento ocurrió en diciembre, enero y marzo, con una media de 0,82. Posteriormente, en los predios de CO y NB, los valores disminuyeron, pero se mantuvieron relativamente estables hasta marzo, con valores de 0,75 y 0,72, respectivamente. En contraste, en el predio de HP, la cobertura se mantuvo en niveles similares a los de diciembre (Apéndice 11, Figura 6). El promedio obtenido durante la temporada de medición fue similar entre los predios, con una media de 0,75 para los predios CO y NB y de 0,77 para el predio HP (Cuadro 10).

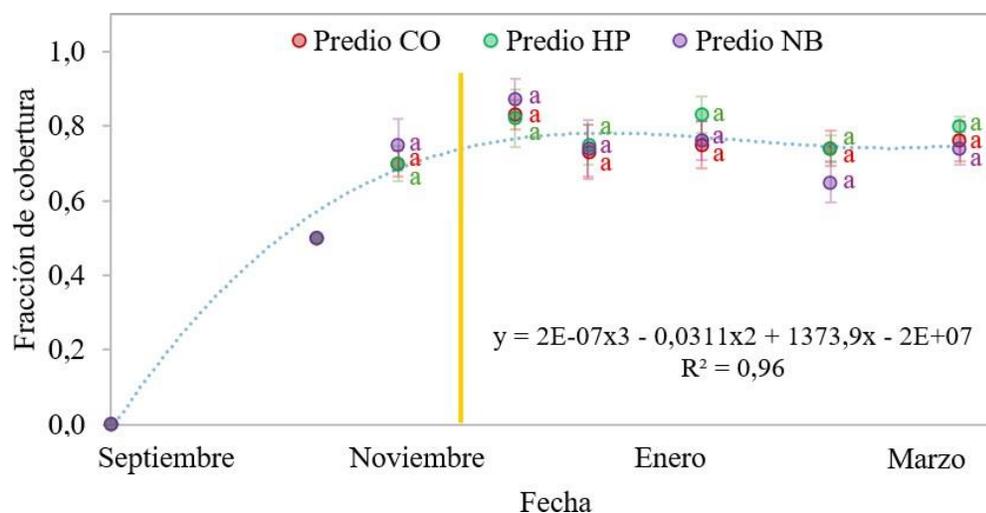


Figura 6. Medias de la fracción de cobertura del cultivo de sauce mimbre desde el inicio de brotación (1 de septiembre del 2020) hasta antes de la caída de hojas (30 de marzo del 2021) para los predios CO, HP y NB. La barra amarilla indica el inicio de la aplicación de los tratamientos. Se realizó una regresión (línea azul) debido a las mínimas diferencias entre predios en cada fecha de medición, reflejando así el comportamiento general de la especie. Letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p > 0,05$).

Cuadro 10. Medias de la fracción de cobertura en el cultivo de sauce mimbre durante el periodo completo por tratamiento en los predios CO, HP y NB.

Tratamiento	Fracción de cobertura		
	Predio		
	CO	HP	NB
T40	0,73 a	0,76 a	0,76 a
T70	0,74 a	0,77 a	0,73 a
T100	0,78 a	0,79 a	0,77 a

Valores con letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p > 0,05$).

Largo de vara. No se observó interacción entre los tratamientos y la fecha de medición en ninguno de los predios. Sin embargo, hubo efecto de tratamiento sólo en el predio de CO y efecto de la fecha de medición en los tres predios evaluados (Apéndice 2).

En el predio CO, el T100 tuvo el mayor largo de vara de 2,44 m, mientras que en promedio T70 y T40 tuvieron un largo de 2,2 m. Los predios HP y NB presentaron medias de largos de vara de 2,94 m y 2,42 m, respectivamente (Cuadro 11).

Con respecto a la fecha de medición (Apéndice 13; Figura 7), se obtuvieron valores medios máximos de 2,5 m, 3,0 m y 2,6 m para los predios CO, HP y NB, respectivamente.

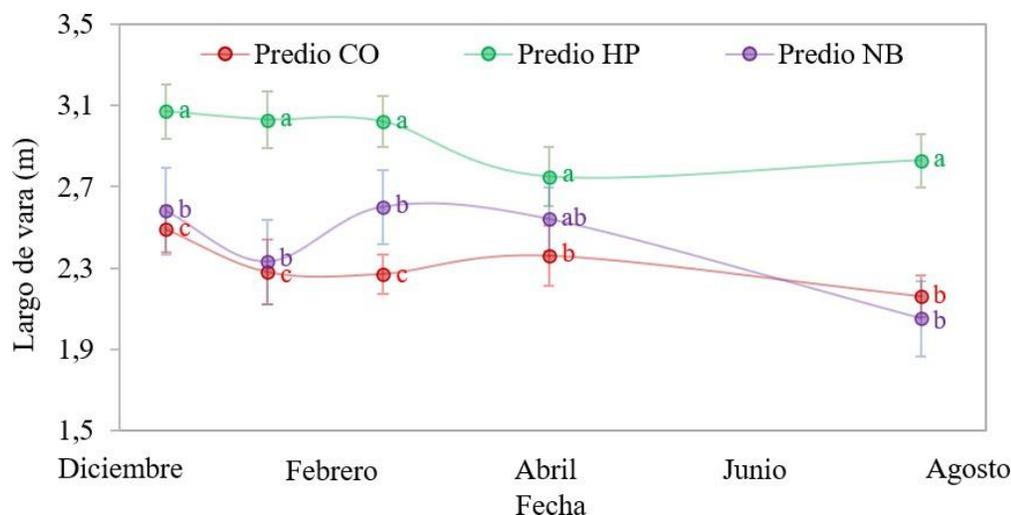


Figura 7. Medias del largo de vara obtenido durante la temporada de medición en el cultivo de sauce mimbre para los predios CO, HP y NB. Letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p>0,05$).

Cuadro 11. Medias del largo de vara en el cultivo de sauce mimbre durante el periodo completo por tratamiento en los predios CO, HP y NB.

Tratamiento	Largo de vara (m)		
	Predio		
	CO	HP	NB
T40	2,22 b	2,86 a	2,44 a
T70	2,26 b	2,94 a	2,44 a
T100	2,44 a	3,02 a	2,39 a

Valores con letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p>0,05$).

Efecto del régimen hídrico sobre rasgos anatómicos y físicos de la madera

En la imagen de microscopía (Figura 8) se pueden observar los vasos xilemáticos y las fibras presentes durante el primer año de crecimiento del tallo. La porosidad se presenta de forma difusa a semianular, identificándose principalmente poros solitarios y múltiples radiales en series de tres, así como también poros escasamente agrupados. Se observa escasa tilosis y una relativamente alta frecuencia de radios.

Densidad de vasos xilemáticos. Se observó interacción entre los predios y los tratamientos, así como un efecto tanto de los tratamientos como del predio (Apéndice 15). El predio CO destacó con una mayor densidad de vasos, alcanzando una media de $53,21 \text{ mm}^2$, mayor que los predios HP y NB, que registraron una media de $39,41 \text{ mm}^2$ (Cuadro 12). Dentro del predio CO, el T70 mostró la mayor densidad de vasos, con una media de $64,33 \text{ mm}^2$, seguido por el T40 con $52,85 \text{ mm}^2$ y finalmente el T100 con una media de $41,26 \text{ mm}^2$ (Cuadro 12).

Área promedio del lumen de vasos. No se observó efecto de la interacción entre predios y tratamientos, ni tampoco del predio. Hubo efecto de los tratamientos solo en el predio CO

(Apéndice 15). En este predio, el mayor valor lo obtuvo el T100 con área promedio de $1.680 \mu\text{m}^2$, en comparación con los tratamientos T40 y T70, que tuvieron un área promedio de $1.153 \mu\text{m}^2$ (Cuadro 12).

Cuadro 12. Medias de la densidad de vasos y área del lumen de vasos en varas de sauce mimbre por predio y por tratamiento, siendo estos últimos los promedios de los tratamientos obtenidos en el predio CO.

Factor		Rasgo anatómico	
		Densidad de vasos (mm^2)	Área del lumen de vasos (μm^2)
Predio	CO	53,18 a	1.343 a
	HP	38,07 b	1.516 a
	NB	40,76 b	1.329 a
Tratamiento	T40	52,85 b	1.138 b
	T70	64,33 a	1.167 b
	T100	42,36 c	1.680 a

Valores con letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p>0,05$).

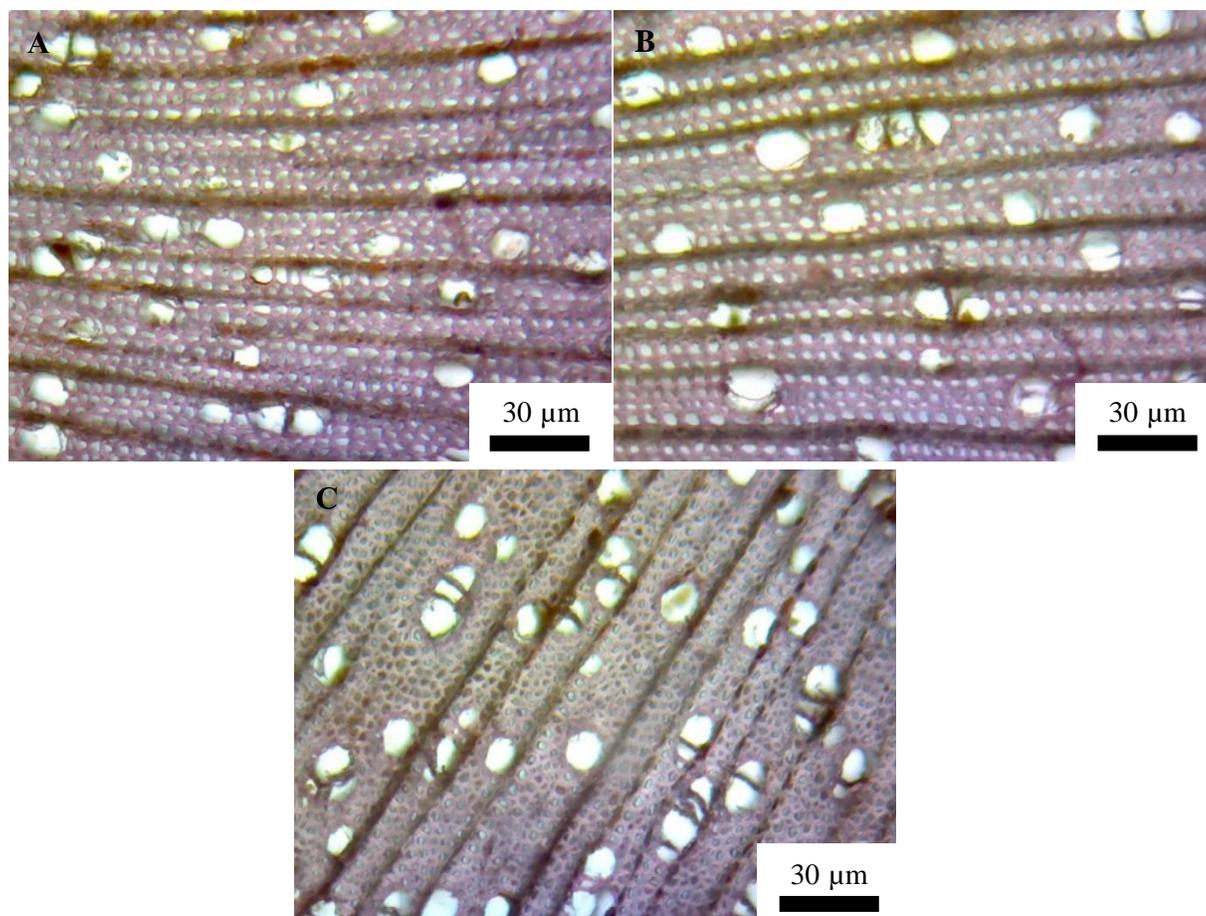


Figura 8. Cortes transversales de madera del tallo de 1 año de *Salix viminalis* con aumento de 10x, obtenidos del predio CO. Las letras A, B y C representan al T40, T70 y T100, respectivamente. Se pueden observar poros solitarios y múltiples radiales dispuestos en

series de tres, así como radios medulares uniseriados en sentido horizontal en A y B, y en sentido vertical en C.

Densidad básica de la madera. No hubo efecto de la interacción entre la fecha de medición y los tratamientos ni de los tratamientos. Sin embargo, sí hubo efecto de la fecha en que se realizó la medición (Apéndice 2).

En los tres predios se observa un alza en el tiempo en la densidad básica de la madera. En la última campaña se alcanzan los valores máximos, con medias del orden de $0,53 \text{ g cm}^{-3}$, $0,54 \text{ g cm}^{-3}$ y de $0,47 \text{ g cm}^{-3}$ para los predios CO, HP y NB, respectivamente (Figura 9, Apéndice 19). No se observaron diferencias entre tratamientos hasta el final de la temporada, donde el predio CO obtuvo un mayor valor en T40, con una media de $0,58 \text{ g cm}^{-3}$, en comparación con T70 y T100, con un promedio de $0,51 \text{ g cm}^{-3}$. En el caso del predio HP fue el T40 el que obtuvo el menor valor, con una media de $0,52 \text{ g cm}^{-3}$, comparado con T70 y T100, que obtuvieron un promedio de $0,55 \text{ g cm}^{-3}$ (Cuadro 13).

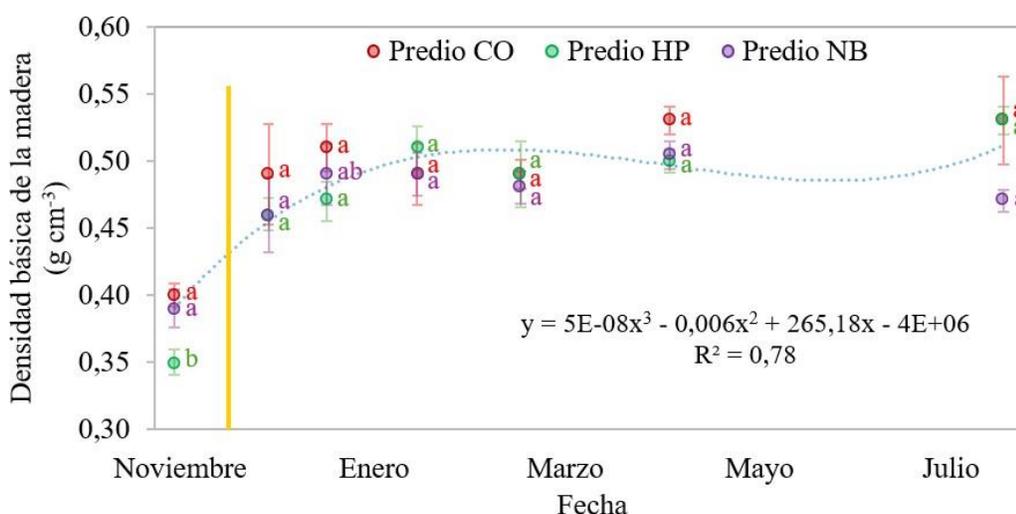


Figura 9. Medias de la densidad básica de la madera de la vara durante el desarrollo del cultivo de sauce mimbre para los predios CO, HP y NB. La barra amarilla señala el inicio de los tratamientos. Se realizó una regresión (línea azul) debido a las mínimas diferencias entre predios en cada fecha de medición, reflejando así el comportamiento general de la especie. Letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p > 0,05$).

Cuadro 13. Medias de la interacción entre el factor tratamiento y el factor fecha de medición para la densidad básica de la madera en el cultivo de sauce mimbre, por predio.

Predio	Tratamiento	Densidad básica de la madera (g cm ⁻³)						
		Campaña de medición						
		11 nov	10 dic	28 dic	25 ene	26 feb	13 abr	25 jul
CO	T40	0,39 c	0,48 b	0,52 b	0,47 b	0,48 b	0,52 b	0,58 a
	T70	0,41 c	0,50 b	0,50 b	0,49 b	0,48 b	0,52 b	0,51 b
	T100	0,41 c	0,49 b	0,51 b	0,51 b	0,51 b	0,54 b	0,50 b
HP	T40	0,35 c	0,46 b	0,47 b	0,50 b	0,51 b	0,50 b	0,52 b
	T70	0,35 c	0,46 b	0,47 b	0,51 b	0,47 b	0,49 b	0,54 a
	T100	0,36 c	0,47 b	0,46 b	0,51 b	0,48 b	0,51 b	0,55 a
NB	T40	0,40 b	0,50 a	0,48 a	0,50 a	0,47 a	0,49 a	0,47 a
	T70	0,38 b	0,46 a	0,48 a	0,49 a	0,48 a	0,50 a	0,47 a
	T100	0,39 b	0,43 b	0,52 a	0,49 a	0,50 a	0,52 a	0,47 a

Valores con letras iguales en sentido horizontal no difieren significativamente por cada tratamiento para cada predio durante la temporada ($p > 0,05$).

Efecto del régimen hídrico sobre otras variables fisiológicas

Potencial hídrico xilemático.

Esta variable se registró hasta la última fecha en que se encontraron hojas. No hubo interacción entre la fecha de medición y los tratamientos en ningún predio. Hubo efecto del tratamiento en los predios de CO y NB, y efecto del factor fecha en los tres predios (Apéndice 2).

El T100 fue mayor con respecto a los otros tratamientos en el predio CO y NB, con medias de -0,94 MPa y -0,79 MPa, respectivamente. Por otro lado, los tratamientos T70 y T40 tuvieron medias de -1,07 MPa en CO y -0,89 MPa en NB. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en el predio HP (Cuadro 14).

Respecto a la fecha de medición, los menores valores se observaron entre noviembre y febrero (Apéndice 21).

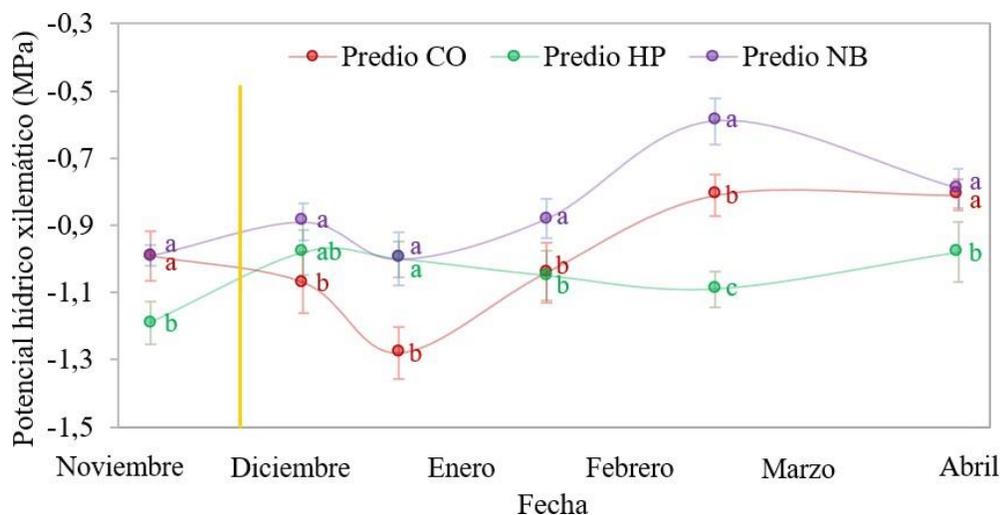


Figura 10. Medias del potencial hídrico xilemático durante la temporada de medición en el cultivo de sauce mimbre para los predios CO, HP y NB. La barra amarilla indica el inicio de los tratamientos. Letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p>0,05$).

Cuadro 14. Medias del potencial hídrico xilemático en el cultivo de sauce mimbre durante el periodo de crecimiento por tratamiento en los predios CO, HP y NB.

Tratamiento	Potencial xilemático (MPa)		
	Predio		
	CO	HP	NB
T40	-1,07 b	-1,08 a	-0,91 b
T70	-1,06 b	-1,05 a	-0,87 b
T100	-0,94 a	-1,02 a	-0,79 a

Valores con letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p>0,05$).

Composición Isotópica de Oxígeno 18, Discriminación Isotópica de Carbono 13 y EUA_i

No se detectó efecto de la interacción entre los predios y tratamientos, así como tampoco efectos de los tratamientos ni de los predios para la composición isotópica de O^{18} ($\delta^{18}O$) (Apéndice 23), observándose un valor promedio general de 20,06‰ (Cuadro 16).

Con respecto a la discriminación isotópica de carbono 13 ($\Delta^{13}C$) no se observó interacción entre el predio y los tratamientos, ni tampoco efecto del tratamiento (Apéndice 23). Sin embargo, hubo efecto del predio. Los predios HP y NB registraron un promedio de 19,91‰, ligeramente superior al predio CO, que obtuvo un valor de 19,10‰ (Cuadro 15).

Así, la EUA_i tampoco mostró efecto de la interacción entre el predio y los tratamientos, ni tampoco efecto de los tratamientos (Apéndice 23). Hubo efecto del predio, siendo el predio CO el que tuvo valores más altos, con una media de 88,69 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$, en comparación con los predios HP y NB, que lograron en promedio 79,62 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ (Cuadro 15).

Cuadro 15. Medias del enriquecimiento de oxígeno 18 ($\delta^{18}\text{O}$), discriminación isotópica de carbono 13 ($\Delta^{13}\text{C}$) y eficiencia del uso del agua intrínseca (EUA_i) en brotes obtenidos al final de la temporada por cada predio.

Predio	Variable fisiológica		
	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	$\Delta^{13}\text{C}$	EUA_i ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$)
CO	20,17 a	19,10 b	88,69 a
HP	20,22 a	19,76 a	81,28 b
NB	19,83 a	20,05 a	77,95 b

Valores con letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p>0,05$).

Cuadro 16. Medias de la interacción entre el factor tratamiento y el factor predio para el enriquecimiento de oxígeno 18 ($\delta^{18}\text{O}$), discriminación isotópica de carbono 13 ($\Delta^{13}\text{C}$) y eficiencia del uso del agua intrínseca (EUA_i) en brotes de sauce mimbre.

Predio	Tratamiento	Variable fisiológica		
		$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	$\Delta^{13}\text{C}$	EUA_i ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$)
CO	T40	19,95 a	18,71 b	92,99 a
	T70	20,36 a	19,18 b	87,71 a
	T100	20,18 a	19,39 b	85,37 a
HP	T40	20,22 a	19,98 b	78,79 b
	T70	19,93 a	20,14 a	76,98 b
	T100	20,53 a	19,15 b	88,08 a
NB	T40	20,30 a	20,25 a	75,74 b
	T70	19,79 a	19,82 a	80,53 b
	T100	19,39 a	20,08 a	77,58 b

Valores con letras iguales en sentido vertical por cada predio no difieren significativamente ($p>0,05$).

Efecto del régimen hídrico sobre la productividad y calidad de la vara

Rendimiento en fresco y seco

En el rendimiento fresco y seco no hubo interacción entre el efecto del predio y los tratamientos ni efecto de los tratamientos. Sólo se observó efecto del predio en el rendimiento en fresco (Apéndice 27).

Fue el predio HP el que presentó los mayores valores de rendimiento en fresco con un promedio de $26.531 \text{ kg ha}^{-1}$, estadísticamente superior al de NB y CO, los que lograron en promedio $13.528 \text{ kg ha}^{-1}$. El promedio del rendimiento seco para los tres predios fue de $12.876 \text{ kg ha}^{-1}$ (Cuadro 17).

Cuadro 17. Medias del rendimiento en fresco y seco de la cosecha del cultivo de sauce mimbre en cada predio.

Predio	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	
	Fresco	Seco
CO	11.210 b	10.111 a
HP	26.531 a	14.428 a
NB	15.845 b	14.088 a

Valores con letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p>0,05$).

Cuadro 18. Medias de la interacción entre el factor tratamiento y el factor predio para el rendimiento en fresco y seco de la cosecha del cultivo de sauce mimbre.

Predio	Tratamiento	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	
		Fresco	Seco
CO	T40	10.034 a	9.006 a
	T70	10.374 a	9.346 a
	T100	13.222 a	11.982 a
HP	T40	26.318 a	14.327 a
	T70	27.933 a	15.114 a
	T100	25.340 a	13.841 a
NB	T40	13.945 a	12.334 a
	T70	17.772 a	15.860 a
	T100	15.816 a	14.070 a

Valores con letras iguales en sentido vertical por cada predio no difieren significativamente ($p>0,05$).

Porcentaje de peso fresco por calibre de varas

Solo se observó interacción entre el factor predio y el tratamiento en el PFF. No hubo efecto de los tratamientos en ninguno de los calibres. Se observó efecto del predio solo en el PFG (Apéndice 31).

El predio HP obtuvo el mayor PFG con una media de 45,69%, versus 7,43% en los predios CO y NB (Cuadro 19).

No hubo diferencias significativas en el PFM, observándose un valor promedio de 58,32% (Apéndice 25).

En relación con el PFF, los mayores valores se alcanzaron en los predios CO y NB, con un promedio de 27,71%, significativamente mayor que el predio HP, que obtuvo una media de 9,11% (Cuadro 19). En el predio CO (Cuadro 20, Apéndice 34), solo el tratamiento T100 mostró una media más baja del 13,47%, mientras que los tratamientos T40 y T70, que obtuvieron un promedio de 31,13%.

Cuadro 19. Medias del porcentaje del peso fresco de varas gruesas (PFG), porcentaje del peso fresco de varas medianas (PFM) y porcentaje del peso fresco de varas finas (PFF) en cada sitio experimental. PFG, PFM y PFF son porcentajes con respecto al peso fresco total por hectárea.

Predio	Porcentaje del peso fresco por calibre (%)		
	PFG	PFM	PFF
CO	4,0 b	70,7 a	25,2 a
HP	45,7 a	45,2 a	9,1 b
NB	10,8 b	59,0 a	30,2 a

Valores con letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p>0,05$).

Cuadro 20. Medias de la interacción entre el factor tratamiento y el factor predio para el porcentaje del peso fresco de varas gruesas (PFG), porcentaje del peso fresco de varas medianas (PFM) y porcentaje del peso fresco de varas finas (PFF). Los porcentajes son respecto al peso fresco total calculado por hectárea.

Predio	Tratamiento	Peso fresco por calibre de varas (%)		
		PFG	PFM	PFF
CO	T40	0,9 b	68,5 a	30,6 a
	T70	3,7 b	64,7 a	31,7 a
	T100	7,6 b	79,0 a	13,5 b
HP	T40	43,5 a	46,4 a	10,2 b
	T70	46,0 a	47,1 a	6,9 b
	T100	47,6 a	42,2 a	10,2 b
NB	T40	13,0 b	59,3 a	27,6 a
	T70	7,4 b	68,5 a	24,1 a
	T100	12,0 b	49,2 a	38,9 a

Valores con letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p>0,05$).

Número de varas por calibre

En cuanto al número de varas obtenidas, no se observó interacción entre predios y tratamientos, como tampoco se observó efecto de los tratamientos. Sólo hubo efecto del predio en NVG (Apéndice 35).

Se obtuvo un valor promedio de 288.086 varas ha^{-1} (Apéndice 37).

En el predio de HP se obtuvo una media de 19,3% en NVG, mientras que los predios de NB y CO tuvieron un valor promedio de 2,4% (Cuadro 21). En el predio CO se aprecia un mayor NVM en T100 de 61,35%, comparado con los tratamientos T40 y T70, que obtuvieron una media de 46,1% (Cuadro 21).

Cuadro 21. Porcentaje del número de varas gruesas (NVG), porcentaje del número de varas medianas (NVM), porcentaje del número de varas finas (NVF) y número de varas total por hectárea (NVT) por predio y por tratamiento, siendo estos últimos los promedios de los tratamientos obtenidos en el predio CO. NVG, NVM y NVF son porcentajes con respecto al número total de varas por hectárea.

Factor		Número de varas por calibre			
		NVT (N°/ha)	NVG	NVM (%)	NVF
Predio	CO	243.055 a	1,0 b	51,2 a	47,8 a
	HP	326.984 a	19,3 a	42,6 a	38,1 a
	NB	287.566 a	3,8 b	42,2 a	54,0 a
Tratamiento	T40	228.423 a	0,4 a	43,6 b	56,0 a
	T70	243.304 a	1,2 a	48,6 b	50,2 a
	T100	257.440 a	1,4 a	61,4 a	37,3 a

Valores con letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p \leq 0,05$).

Módulo de elasticidad.

La calidad de la vara, evaluada en términos de elasticidad, no mostró interacción entre predios y tratamientos, así como tampoco efecto de estos factores de manera independiente (Apéndice 24). Se observó una media general del módulo de elasticidad de 4.723 MPa (Cuadro 22).

Cuadro 22. Medias de la interacción entre el factor tratamiento y el factor predio del módulo de elasticidad.

Predio	Tratamiento	Módulo de elasticidad (MPa)
CO	T40	4.657 a
	T70	4.611 a
	T100	4.463 a
HP	T40	5.046 a
	T70	5.161 a
	T100	4.648 a
NB	T40	4.810 a
	T70	4.694 a
	T100	4.421 a

Valores con letras iguales en sentido vertical por cada predio no difieren significativamente ($p > 0,05$).

DISCUSIÓN

Evaluación comparativa entre predios

Se observó efecto de la menor disponibilidad de agua en distintas variables, entre las que se destaca la Eficiencia del Uso del Agua intrínseca (EUA_i), que indica la capacidad adaptativa de la especie a distintas condiciones de disponibilidad de agua a lo largo de su ciclo de crecimiento (Weiwei *et al.*, 2018). En este sentido, el predio CO tuvo una mayor EUA_i (Cuadro 15) que podría deberse a un cierre de estomas, que minimiza las pérdidas por transpiración, y a su vez, disminuye la tasa de asimilación (Condon *et al.*, 2002). Sin embargo, el cierre estomático no siempre disminuye de manera proporcional a la tasa de asimilación, lo que podría aumentar la EUA_i (Yi *et al.*, 2018).

Un aumento en la EUA_i , acompañado de un cierre estomático, suele restringir el rendimiento del cultivo (Blum, 2009; Reyes *et al.*, 2013). Aunque no hubo diferencias en el rendimiento entre predios, se debe destacar las tendencias observadas. Por ejemplo, a pesar de una mayor EUA_i debido a la menor disponibilidad de agua en el suelo del predio CO (Cuadro 7), se sugiere que el cierre estomático pudo haber influido en la tendencia a un menor rendimiento en este predio (Cuadro 17) por la restricción antes mencionada. Por otra parte, el predio HP tendió a tener un mayor rendimiento (Cuadro 17), a pesar de tener menor contenido de agua en el suelo que el predio NB (Cuadro 7) y un menor potencial hídrico xilemático (Cuadro 14). Es posible que la presencia de la gran pedregosidad observada en el predio NB haya afectado el desarrollo radical, limitando el número y profundidad de las raíces, afectando la absorción de nutrientes y agua y, por ende, su crecimiento (Morandage *et al.*, 2021).

Por otra parte, en términos anatómicos, ante una menor disponibilidad hídrica se espera una mayor densidad de vasos, al igual que se esperaría que el área del lumen sea reducida (Cochard y Tyree, 1990), en el caso del predio CO se cumple en parte esta generalidad, ya que, si bien tuvo la mayor densidad de vasos, el área de vasos no fue afectada (Cuadro 12).

Es posible que las condiciones menos limitantes de los predios HP y NB se deba a que hubo ingreso de otras fuentes de agua al experimento, que pudieron homogeneizar la disponibilidad hídrica de los distintos tratamientos. Particularmente, en el predio HP hubo dos eventos en que el agua utilizada por el agricultor ingresó al ensayo (el 10 y 28 de diciembre del 2020). Un evento similar ocurrió en el predio NB el 25 de enero del 2021. Además, se registró una precipitación de 86 mm en enero que coincidió con el período de mayor demanda evapotranspirativa (Anexo I).

Adicionalmente, para identificar el predio en que hubo efecto de los tratamientos de riego, se compararon los tratamientos según el número de variables que mostraron efecto de tratamiento (p -value $<0,05$). Se observó que el predio CO tuvo el mayor número de variables con efecto de tratamiento (Apéndice 42), lo que sugiere que este predio fue el más afectado por los tratamientos aplicados. A continuación, se analizará el efecto de los tratamientos en las variables evaluadas, con un enfoque particular en el predio CO.

Evaluación del efecto de los tratamientos en el predio CO

Los principales cambios en la arquitectura hidráulica se observaron en la anatomía de las varas. En T40 el área del lumen fue menor y la densidad básica de la madera en la fecha de cosecha fue mayor que en T100, observándose una relación inversa entre el área de lumen y la densidad básica de la madera (Cuadros 12 y 13). Esto coincide con estudios previos, que sugieren que una mayor densidad básica se asocia a maderas con vasos xilemáticos más pequeños debido a la mayor proporción de xilema ocupado por fibras (Fortunel *et al.*, 2014). A nivel estructural, una mayor densidad básica, como la observada en la última campaña del T40, suele relacionarse con traqueidas de lúmenes más pequeños, lo que incrementa la seguridad del xilema al prevenir fallas hidráulicas como la embolia o la cavitación (Wikberg y Ögren, 2004; Jacobsen *et al.*, 2005; Martínez-Meier *et al.*, 2008). Sin embargo, esto implica una disminución en la eficiencia hidráulica ya que los vasos de menor diámetro también tienen una menor conductancia hidráulica del xilema (Cosme *et al.*, 2017). Por otro lado, el T100, al recibir una mayor cantidad de agua, provocó un aumento en el área promedio del lumen de los vasos, lo que podría aumentar significativamente la conductividad del xilema. No obstante, este aumento en el área del lumen de vasos se asocia a una menor densidad básica debido a la menor proporción de fibras (Lambers *et al.*, 2008).

Los resultados sugieren que las plantas tratadas con el T100 poseen una mayor eficiencia hidráulica al final de la temporada debido a la presencia de vasos xilemáticos más grandes y una menor densidad básica de la madera. Por otro lado, aunque el T70 tuvo una menor área de lumen, lo compensó con una mayor densidad de vasos que aportaron al transporte de agua. Según la literatura, el flujo de agua tiende a ser mayor a través de vasos más grandes que a través de un mayor número de vasos (Lambers *et al.*, 2008). Por lo tanto, las varas tratadas con el T70, aunque posean más vasos por superficie, la eficiencia hidráulica sigue siendo menor en comparación con el T100. Por último, el T40 destacó con una mayor densidad básica y vasos xilemáticos de tamaño similar al T70, aunque en una menor densidad.

Otra variable relevante en la arquitectura hidráulica es el Valor Huber (VH), el cual representa la eficiencia hidráulica a nivel de planta, siendo fuertemente afectado por factores ambientales que provoquen defoliación, ya que depende directamente de la superficie foliar disponible (Xu *et al.*, 2020). El efecto del régimen hídrico se hace evidente al final de la temporada de crecimiento (13 de abril de 2020), observándose medias de VH en orden decreciente para T40, T70 y T100, respectivamente (Cuadro 8). Esto se asoció a una disminución proporcional en la producción de área foliar por vara de los tratamientos T100, T70 y T40, respectivamente, en función del riego aplicado. Es relevante destacar que el VH puede ser influenciado no solo por la relación entre la disponibilidad de agua, sino también por rasgos anatómicos de la planta y su capacidad para mantener la eficiencia hidráulica bajo sequía (Cosme *et al.*, 2017). Los resultados refuerzan la relación inversa entre el VH y la disponibilidad de agua en el suelo, ya que en condiciones de sequía hay un aumento en el VH (Cuadro 8) debido a la defoliación (O'Grady *et al.*, 2009). Esto puede además estar relacionado a los ajustes anatómicos vistos, ya que, al haber una mayor seguridad hidráulica dada por una mayor densidad básica de la madera, vasos xilemáticos más pequeños y en mayor densidad, podría provocar una relativa menor eficiencia hidráulica en T40.

El área foliar específica (SLA) es una variable que puede ser afectada por cambios en la arquitectura hidráulica, aunque no estén directamente relacionadas (Cosme *et al.*, 2017). En condiciones de sequía, se esperan bajos valores de SLA que limiten la captación de luz y

ganancia de carbono fotosintético, reduciendo la tasa de crecimiento (Cunningham *et al.*, 1999; Lambers *et al.*, 2008). Asimismo, Poorter (2008) ha señalado que las especies de hoja caduca pueden ajustar sus características foliares frente a diferentes condiciones ambientales. Sin embargo, en el presente estudio no se observaron diferencias entre los tratamientos (Apéndice 2), lo que sugiere que las plantas podrían haber priorizado otros aspectos fisiológicos o estrategias de adaptación como respuesta a la baja disponibilidad hídrica (Tng *et al.*, 2018), como lo fueron los cambios observados en los vasos xilemáticos, caracterizados por un aumento de su densidad y una disminución en el área del lumen (Cuadro 12).

Con respecto a la cobertura del cultivo, la falta de diferencias entre tratamientos (Cuadro 10) sugiere una posible compensación de las plantas para mantener una cobertura eficiente del dosel pese a una menor disponibilidad de agua, posiblemente mediante ajustes de la orientación de las hojas (Geldhof *et al.*, 2021). Según Robinson *et al.* (2004), *S. viminalis* presenta un dosel denso debido a su alto índice de área foliar en comparación con otros *Salix*. Esto explicaría los resultados obtenidos, ya que un dosel más cerrado favorece la retención de humedad en el suelo y reduce la evaporación, lo cual sería beneficioso en condiciones de menor disponibilidad hídrica. Aunque la cobertura permaneció constante, los altos valores de largo de vara obtenidos por el T100 (Cuadro 11) indican un aumento en el crecimiento y desarrollo de las plantas debido a una mayor disponibilidad de agua (Moreno y Patricia, 2009). Estos resultados se ven respaldados por los altos valores de contenido de agua en el suelo (Cuadro 7) y potencial hídrico xilemático (Cuadro 14) observados en T100, proporcionando condiciones más favorables para el crecimiento (Kumar *et al.*, 2019).

En cuanto a la productividad, tanto para el rendimiento en base seca (RS) como fresca (RF) no se obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos. Sin embargo, es importante mencionar una tendencia de mayores valores con el aumento de la disponibilidad hídrica (Apéndice 30). Asimismo, Robinson *et al.* (2004) señalan una relación entre la altura del cultivo y su rendimiento en *S. viminalis*, lo que respalda los resultados obtenidos de largos de vara (Cuadro 11) y la tendencia observada en los resultados del rendimiento en T100 (Apéndice 30). Cabe mencionar que los rendimientos obtenidos en T100 están dentro del rango esperado para *S. viminalis* en RS (Gnecco y Rodríguez, 1998; INFOR, 2001).

Con respecto a la producción por calibre de varas, se observó un balance entre el crecimiento y la conservación de recursos. En el predio CO, la proporción del NVG es muy baja, no superando el 1,4%, la mayoría se reparte entre NVM y NVF. La mayor disponibilidad hídrica del T100 provocó un aumento significativo de las NVM por sobre las varas NVF (Cuadro 21), lo que sugiere que con una mayor disponibilidad de agua se favorece la producción de estructuras de mayor diámetro, asociadas a una mayor capacidad de almacenamiento de nutrientes (Brant y Chen, 2015) y crecimiento en altura (Baher *et al.*, 2002) que las varas más delgadas. Cabe destacar que el número de varas depende de la cantidad de yemas dejadas en la estaca en la cosecha de la temporada anterior (Silva *et al.*, 2024), razón que explicaría el similar número de varas entre los tratamientos. Por otra parte, en términos de peso fresco de las varas, se puede observar un mayor peso fresco de varas finas (PFF) en T40 y T70 (Cuadro 20). Se sugiere que, en condiciones de menor disponibilidad de agua, hubo un menor crecimiento de estructuras de mayor calibre, lo que aumentó la proporción de crecimiento de varas de calibre fino. Esto podría conducir a menos pérdidas por transpiración (Vertessy *et al.*, 1995), lo que sugiere una respuesta adaptativa de las plantas a la producción de

estructuras más eficientes en tales condiciones (Roderick *et al.*, 1999).

En cuanto a la calidad de la vara, esta se relaciona con su módulo de elasticidad (MOE), que actúa como un indicador de su flexibilidad. Estudios previos han descrito a *S. viminalis* como una especie de gran flexibilidad (Vargas, 2011; Vargas *et al.*, 2012; Walczak *et al.*, 2022) lo que coincide con los rangos obtenidos en este estudio, con valores que oscilaron entre 3,9 a 5,3 GPa. En contraste, otras fibras como el cáñamo presentan rangos de MOE que abarcan entre 14,4 GPa (Placet, 2009) hasta los 24,9 GPa (Thygesen *et al.*, 2006), mientras que el yute presenta medias entre los 14,4 GPa y 30 GPa (Virk *et al.*, 2009). La alta frecuencia de radios observada (Figura 8), mayormente compuestos por tejido parenquimático (Van Bel, 1990), podría influir en su mayor flexibilidad. Aunque en este estudio el MOE no presentó diferencias significativas, es relevante destacar una tendencia hacia valores más altos en los tratamientos con menor disponibilidad de agua, como T70 y T40 (Apéndice 41). Dado que un MOE más alto implica mayor rigidez (Vargas, 2011), es posible inferir que estos tratamientos sean menos flexibles. Esta deducción se basa en la estrecha relación entre el MOE y la densidad básica de la madera (Sotomayor, 2018). Maderas más densas se asocian con una mayor cantidad de fibras, mayor rigidez y resistencia a la deformación, resultando en un MOE más alto (Velandia, 2008). La mayor densidad básica observada en T40 al final de la temporada (Cuadro 13) y la tendencia a un mayor MOE en este tratamiento (Apéndice 41) respaldan esta idea.

Comportamiento de la especie en el tiempo

En cuanto a la cobertura, se observa un comportamiento sigmoideo que alcanza un plató en diciembre, y se mantuvo relativamente estable hasta el final de la temporada (Figura 6). El valor máximo se alcanzó en la segunda campaña de medición, en diciembre, con una media de 0,83 (Apéndice 11). Un patrón similar se obtuvo en la densidad básica de la madera, con un aumento gradual a lo largo de la temporada (Figura 9, Apéndice 19), debido al depósito paulatino de carbono en las paredes celulares de las fibras (Saranpää, 2003). Los valores oscilaron entre los 0,4 y 0,53 g cm⁻³ (Apéndice 19), alcanzando su promedio máximo al final del periodo de crecimiento. Estos rangos se han observado en especies del género *Salix* (Gao *et al.*, 2021; Gupta *et al.*, 2014; Loval *et al.*, 2018).

Se observó una disminución gradual de la SLA en el tiempo (Figura 5), la cual tuvo dos reducciones marcadas en diciembre y a finales de enero, coincidiendo con el período de mayor demanda evapotranspirativa (Anexo 1). Los resultados coinciden con otras investigaciones que indican que el SLA tiende a disminuir con la edad de la hoja (Reich *et al.*, 1997; Wilson *et al.*, 2000), posiblemente debido a una mayor densidad del tejido foliar propio de la maduración de la hoja (Brant y Chen, 2015). Asimismo, Wright *et al.* (2017) sugieren que, en condiciones de alta demanda evapotranspirativa, una mayor superficie foliar representa una desventaja debido a que puede resultar en mayores pérdidas por transpiración y evaporación en condiciones cálidas, secas y de alta irradiancia.

En cuanto al VH, al ser una variable tan sensible a la caída de hojas (Xu *et al.*, 2020), se observa un crecimiento gradual y exponencial al avanzar la temporada (Figura 4), alcanzando una media máxima de 45,14 x10⁻⁴ cm² cm⁻² en la última campaña de medición (Apéndice 7). Actualmente no hay mucha información disponible sobre esta variable en *S. viminalis*. Sin embargo, los valores obtenidos por Li-Ru y Yang-Yang (2018) en *Salix psammophila* coinciden con los valores obtenidos (Cuadro 8) en las tres primeras campañas de medición.

CONCLUSIONES

De todos los predios evaluados, el predio CO fue el que mostró un efecto significativo de los tratamientos hídricos. A partir de los resultados observados en este estudio, se concluye que:

- El régimen hídrico de 40 y 70% ET_C no provoca diferencias en el rendimiento de *S. viminalis*. Sin embargo, se observa una reducción en el porcentaje de varas gruesas y medianas en favor de las varas finas, lo que sugiere una respuesta adaptativa de la especie para maximizar la eficiencia en la utilización de recursos en condiciones de menor agua disponible.
- El régimen hídrico de 40% ET_C aumentó la densidad básica de la madera al final de la temporada, con vasos xilemáticos de menor área de lumen y mayor densidad de vasos. Esto sugiere adaptaciones estructurales de *S. viminalis* para hacer frente a la menor disponibilidad hídrica y mantener la funcionalidad de su sistema vascular. Además, se observaron cambios en la fisiología de las plantas, manifestados en un mayor Valor Huber y una menor longitud de varas.
- En términos de calidad de las varas, los tratamientos de 40% y 70% ET_C no provocan diferencias en la flexibilidad de las varas, pese a la mayor densidad básica de la madera.

Bajo las condiciones de este estudio en el predio CO, los resultados rechazan parcialmente la hipótesis planteada, ya que el tratamiento con 40% de la ET_C evidencia un aumento en la densidad básica de la madera al final de la temporada. Sin embargo, no hubo cambios en la producción ni en la flexibilidad de las varas.

LITERATURA CITADA

- Ábalos, M. 1998. Mimbres. Wicker, Chile: De la producción al consumo. INFOR, Instituto Forestal. Santiago, Chile. 80p.
- Ábalos, M. 2005. Hacia la industrialización del sauce-mimbres chileno. *Unasyuva*, 221(56): 40-46.
- Adams, J. E., G. F. Arkin and J. T. Ritchie. 1976. Influence of row spacing and straw mulch on first stage drying. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 40: 436-442.
- Agroclima. s.f. Red Agroclimática Nacional. Esc. Agr. Las Garzas, Chimbarongo, Chile. Disponible en <http://www.agroclima.cl/InfoEstacionv2.aspx?IdEst=477&Ubi=6> (Consultado en enero de 2024).
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. y Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements). FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. 290 pp. ISNB 92-5-104219-5. Roma, Italia.
- Arancibia, D. y Casals, P. 2016. La ciudad temporal del mimbre. Chimbarongo, Chile. *ARQ* 94: 132-135.
- Baher, Z. F., Mirza, M., Ghorbanli, M. and Bagher Rezaii, M. 2002. The influence of water stress on plant height, herbal and essential oil yield and composition in *Satureja hortensis* L. *Flavour and Fragrance Journal*, 17(4): 275-277.
- Balzarini, M., Bruno, C. y Arroyo, A. 2005. Análisis de ensayos agrícolas multiambientales. ejemplos en Info-Gen. Córdoba, Argentina: Universidad Nacional de Córdoba. 153p.
- Barnett, J. and Jeronimidis, G. 2003. Wood quality and its biological basis. CRC Press. Inglaterra, Londres. 240p.
- Bartlett, M., Klein, T., Jansen, S., Choat, B. and Sack, L. 2016. The correlations and sequence of plant stomatal hydraulic, and wilting responses to drought. *PNAS*, 113(46): 13098-13103.
- BiRH. 2018. Reporte sobre disponibilidad de recursos hídricos para asociaciones de productores. Centro Regional de Recursos Hídricos para la Agricultura y la Minería, Universidad de Concepción. Disponible en: http://www.birh.cl/report/show_html/2018/9/Chimbarongo/productores
- Blum, A. 2009. Effective use of water (EUW) and not-water-use efficiency (WUE) is the target of crop yield improvement under drought stress. *Field Crops Research*, 112: 119-123.
- Brant, A. N., and Chen, H. Y. 2015. Patterns and mechanisms of nutrient resorption in plants. *Critical reviews in plant sciences*, 34(5): 471-486.
- CIREN. 1996. Estudio agrológico VI Región: Descripción de suelos, materiales y símbolos. Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN). Santiago, Chile. 479p.

- Cochard, H., and Tyree, M. T. 1990. Xylem dysfunction in *Quercus*: vessel sizes, tyloses, cavitation and seasonal changes in embolism. *Tree physiology*, 6(4): 393-407.
- Cochard, H., Casella, E. and Mencuccini, M. 2007. Xylem vulnerability to cavitation varies among poplar and willow clones and correlates with yield. *Tree Physiology*, 27(12): 1761-1767.
- Condon, A., Richards, G., Rebetzke, G and Farquhar, D. 2002. Improving intrinsic water-use efficiency and crop yield. *Crop Science*, 42: 122-131.
- Cosme, L., Schiatti, J., Costa, F. and Oliveira, R. 2017. The importance of hydraulic architecture to the distribution patterns of trees in a central Amazonian Forest. *New Phytologist*, 215(1):113-125.
- Cunningham, S., Summerhayes, B. and Westoby, M. 1999. Evolutionary divergences in leaf structure and chemistry, comparing rainfall and soil nutrient gradients. *Ecological Monographs*, 69: 569-588.
- Di Rienzo, J., Casanovez, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, L. y Robledo, C. 2016. InfoStat versión 2016. Grupo Infostat. FCA. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Fichot, R., Brignolas, F., Cochard, H. and Ceulemans, R. 2015. Vulnerability to drought-induced cavitation in poplars: synthesis and future opportunities. *Plant, Cell and Environment*, 38(7): 1233-1251.
- Fortunel, C., Ruelle, J., Beauchene, J., Fine, P. and Baraloto, C. 2014. Specific wood gravity and anatomy of branches and roots in 113 tree species of the amazon rainforest in environmental gradients. *New Phytologist*, 202: 79 – 94.
- Gao, J., Jebrane, M., Terziev, N. and Daniel, G. 2021. Evaluation of wood quality in *Salix viminalis*. Useful for Biofuels: Characterization and method development. *Forests*, 12:1048.
- Garreaud, R. D., Boisier, J. P., Rondanelli, R., Montecinos, A., Sepúlveda, H. and Veloso-Aguila, D. 2019. The central Chile mega drought (2010-2018): A climate dynamics perspective. *International Journal of Climatology*, 40: 421-439.
- Garrido, M., Bown, H., Ayamante, J., Orell, M., Sánchez, A. and Acevedo, E. 2020. The adjustment of *Prosopis tamarugo* hydraulic architecture traits has a homeostatic effect over its performance under descent of phreatic level in the Atacama Desert. *Trees*, 34(1): 89-99.
- Geldhof, B., Pattyn, J., Eyland, D., Carpentier, S., and Van de Poel, B. 2021. A digital sensor to measure real-time leaf movements and detect abiotic stress in plants. *Plant Physiology*, 187(3): 1131-1148.
- Gere, J.M. 2004. *Mechanics of materials*. 2nd Edition. Nelson Thompson Learning. London, England.

- Gerzon, E., Biton, I., Yaniv, Y., Zemach, H., Netzer, Y., Schwartz, A., Fait, A. and Ben-Ari, G. 2015. Grapevine anatomy as a possible determinant of isohydric or anisohydric behavior. *American Journal of Enology and Viticulture*, 66(3): 340-347.
- Gnecco, S. y Rodríguez, J. 1998. Caracterización de *Salix viminalis* acorde a su contenido de extraíbles y capacidad energética total. 43p. Memoria de título. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales, Concepción, Chile.
- Gupta, A., Singh, N.B., Punit, C., Sharma, J.P. and Sankhayan, H.P. 2014. Estimation of genetic variability, heritability and genetic gain for wood density and fibre length in 36 clones of white willow (*Salix alba* L.) *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, 7(2): 299-304.
- Gutiérrez, M. 2012. Propagación de diferentes tipos de estacas de sauce mimbre (*Salix viminalis*) en dos sustratos en vivero en Achocalla, La Paz. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 83p.
- INFOR. 2001. Silvicultura y producción. Sauce mimbre *Salix* spp. INFOR, Instituto Forestal. Santiago, Chile.
- Jacobsen, A. L., Ewers, F. W., Pratt, R. B., Paddock III, W. A., and Davis, S. D. 2005. Do xylem fibers affect vessel cavitation resistance? *Plant physiology*, 139(1): 546-556.
- Kumar, A., Sharma, M.K., Ali, A. and Banday, S.A. 2019. The importance of water in relation to plant growth. 191-203 p. *In: Applied agricultural practices for mitigating climate change*. Vol. 2. Kumar, A., Sharma, M.K., Ali, A. and Banday, S.A. (eds.) Florida, USA.
- Lambers, H., Chapin, F. and Pons, T. 2008. *Plant Physiological Ecology*. 2nd edition. Springer, New York, USA.
- Larjavaara, M and Muller, H. 2010. Rethinking the value of high wood density. *Functional Ecology*, 24(4): 701-705.
- Lee, S.L. 2012. Phenotypic variation of *Salix viminalis* in well-watered and drought conditions. Master Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Plant Biology and Forest Genetics. Ultana, Suecia. 42p.
- Li-Ru, C. and Yang-Yang, L. 2018. Responses of stem hydraulic traits in *Salix psammophila* and *Caragana korshinskii* to manipulated precipitation variation. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 29(2): 507-514.
- Loval, S. A., Cerrillo, T., Spavento, E., Caballé, G., Meier, A. M., & Monteoliva, S. 2018. Wood structure, xylem functionality and growth of six *Salix* clones in two sites with different environmental stress in Argentina. *Revista Árvore*, 42.

- Martínez-Meier, A., Sánchez, L., Pastorino, M., Gallo, L. and Rozenberg, P. 2008. What is hot in tree rings? The wood density of surviving Douglas-firs to the 2003 drought and heat wave. *Forest Ecology and Management*, 256(4): 837–843.
- Meinzer, F., Johnson, D., Lachenbruch, B., McCulloh, K. and Woodruff, D. 2009. Xylem hydraulic safety margins in woody plants: coordination of stomatal control of xylem tension with hydraulic capacitance. *Functional Ecology*, 23(5):922-930.
- Monteith, J. L. 1981. Evaporation and surface temperature. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 107(451): 1-27.
- Morandage, S., Vanderborght, J., Zörner, M., Cai, G., Leitner, D., Vereecken, H. and Schnepf, A. 2021. Root architecture development in stony soils. *Vadose Zone Journal*, 20(4):1-17.
- Moreno, F y Patricia, L. 2009. Respuesta de las plantas al estrés por hídrico. Una revisión. *Agronomía colombiana*, 27(2): 179-191.
- O'Grady, A.P., Cook, P.G., Eamus, D., Duguid, A., Wischusen, J.D.H., Fass, T. and Worldege, D. 2009. Convergence of tree water use within an arid zone forest. *Ecology*, 160(4): 643–655.
- Pérez, N., Díaz, S., Garnies, E., Lavorel, S., Poorter, H., Jaureguiberry, P., Bret-Harte, M.S., Cornwelf, W.K., Craine, J.M., Gurvich, D.E., Urcelay, C., Veneklaas, E.J., Reich, P.B., Poorter, L., Wright, I.J., Ray, P., Enrico, L., Pausas, J.G., de Vos, A.C., Buchmann, N., Funes, G., Quétier, F., Hodgson, J.G., Thompson, K., Morgan, H.D., teer Steege, H., van der Heijden, M., Sack, L., Blonder, B., Poschlod, P., Vaieretti, M.V., Conti, G., Staver, A.C., Aquino, S. and Cornelisse, J.H.C. 2013. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, 61(3): 167-234.
- Placet, V. 2009. Characterization of the thermo-mechanical behaviour of Hemp fibres intended for the manufacturing of high performance composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 40(8): 1111-1118.
- Poorter, L. 2008. Leaf traits show different relationships with shade tolerance in moist versus dry tropical forests. *New Phytologist Foundation*, 181:890-900.
- Pucholt, P., Sjödin, P., Waih, M., Rönnerberg-Wästljung, A.C. and Berlín, S. 2015. Genome-wide transcriptional and physiological responses to drought stress in the leaves and roots of two willow genotypes. *BMC Plant Biology*, 15(1): 244-260.
- R Core Team 2019. R: A language and environmental for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Raes, D., Steduto, P., Hsiao, T. and Fereres, E. 2021. AquaCrop-The FAO crop model to simulate yield response to water. FAO Land and Water Division, FAO, Rome.

Reich, P., Walters, M., and Ellsworth, D. 1997. From tropics to tundra: Global convergence in plant functioning. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 94: 13730 - 13734.

Reyes, A.J., Álvarez-Herrera, J.G. and Fernández, J.P. 2013. Role of calcium in stomatal opening and closing and their interactions with compatible solutes. A review. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 7: 111-122.

Robinson, K. M., Karp, A., and Taylor, G. 2004. Defining leaf traits linked to yield in short-rotation coppice *Salix*. *Biomass and Bioenergy*, 26(5): 417-431.

Roderick, M. L., Berry, S. L., Saunders, A. R., and Noble, I. R. 1999. On the relationship between the composition, morphology and function of leaves. *Functional Ecology*, 13(5): 696-710.

Rood, S., Braatne, J. and Hugues, F. 2003. Ecophysiology of riparian cottonwoods: stream flow dependency, water relations and restoration. *Tree Physiology*, 23(16): 1113-1124.

Rueden, C., Schindelin, J., Hiner, M., DeZonia, B., Walter, A., Arena, E. y Eliceiri, K. 2017. ImageJ2: ImageJ para la próxima generación de datos de imágenes científicas. *BMC Bioinformatics*, 18:529.

Saranpää, P. 2003. Wood density and growth. p. 87-117. *In: Barnett, J. and Jeronimidis, G. (eds.) Wood quality and its biological basis.* CRC Press. Florida, USA.

Scholander, P.F., Bradstreet, E.D., Hemmingsen, E.A., and Hammer, H.T. 1965. Sap pressure in vascular plants: negative hydrostatic pressure can be measure in plants. *Science*, 148(3668): 339-346.

Schultz, H.R. 2003. Differences in hydraulic architecture account for near-isohydric and anisohydric behaviour of two field-grown *Vitis vinifera* L. cultivars during drought. *Plant, Cell and Environment*, 26(8): 1393-1405.

Seleiman, M., Al-Suhaibani, N., Ali, N., Akmal, M., Alotaibi, M., Refay, Y., Dindaroglu, T., Abdul-Wajid, H.H. and Battaglia, M. 2021. Drought stress impacts on plants and different approaches to alleviate its adverse effects. *Plants*, 10(2): 259-284.

Simonneau, T., Lebon, A., Coupel-Ledru, E., Marguerit, L., Rossdeutsch, N. and Ollat, N. 2017. Adapting plant material to face water stress in vineyards: which physiological targets for an optimal control of plant water status?. *Vine and Wine Open Access Journal*, 51(2): 167-179.

Silva, P., Garrido, M., Cubillos, D. y Ayamante, J. 2024. *Chimbarongo capital del mimbre: Manual técnico de producción sostenible de sauce mimbre.* Santiago, Chile.

Sotomayor, J. R. 2018. Módulo de elasticidad dinámico, factor de calidad e índice material de 25 maderas. Determinación por vibraciones transversales. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 27(2): 280-287.

Squeo, F. y Ehleringer, J. 2004. Isótopos estables: una herramienta común para la ecofisiología vegetal y animal. p. 59-80. *In: Fisiología Ecológica en Plantas: Mecanismos y Respuestas a Estrés en los Ecosistemas*. Marino H (ed.) Ediciones de la Universidad Católica de Valparaíso. Valparaíso, Chile.

Swenson, N. and Enquist, B. 2007. Ecological and evolutionary determinants of a key plant functional trait: Wood density and its community-wide across latitude and elevation. *American Journal of Botany*, 94(3): 451-459.

Thygesen, A., Daniel, G., Lilholt, H. and Thomsen, A. B. 2006. Hemp fiber microstructure and use of fungal defibration to obtain fibers for composite materials. *Journal of Natural fibers*, 2(4): 19-37.

Tng, D. Y., Apgaua, D. M., Ishida, Y. F., Mencuccini, M., Lloyd, J., Laurance, W. F., and Laurance, S. G. 2018. Rainforest trees respond to drought by modifying their hydraulic architecture. *Ecology and evolution*, 8(24): 12479-12491.

Tyree, M. and Ewers, F. 1991. The hydraulic architecture of trees and other woody plants. *New Phytologist*, 119(34): 345-360.

Van Bel, A.J.E. 1990. Xylem-phloem exchange via the rays: the undervalued route of transport. *Journal of Experimental Botany*, 41(6): 631-644.

Van Gelder, H.A., Poorter, L. and Sterck, F.J. 2006. Wood mechanics, allometry, and life-history variation in a tropical rain forest tree community. *New Phytologist*, 171(2): 367-378.

Vargas, C. A. 2011. Adaptação da norma NBR 7190 para avaliação de espécies de *Salix* (VIME) visando a utilização em artesanato. 77 p. Mestre em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Paraná, Brasil.

Vargas, C. A., Nascimento, M. B., de Muñiz, G. I. B., and Nisgoski, S. 2012. Physical and mechanical properties of four *Salix* species. *Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)*, 3(2): 80-90.

Velandia, F. R. 2008. Estimación del módulo de elasticidad en materiales compuestos de matriz polimérica y fibras naturales cortas. 72p. Tesis de maestría. Universidad de Los Andes, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Mecánica, Bogotá, Colombia.

Vertessy, R. A., Benyon, R. G., O'sullivan, S. K. and Gribben, P. R. 1995. Relationships between stem diameter, sapwood area, leaf area and transpiration in a young mountain ash forest. *Tree physiology*, 15(9): 559-567.

Villalobos, F. J. and E. Fereres. 1990. Evaporation measurements beneath corn, cotton, and sunflower canopies. *Agron. J.*, 82:1153-1159.

Virk, A. S., Hall, W. and Summerscales, J. 2009. Tensile properties of jute fibres. *Materials Science and Technology*, 25(10): 1289–1295.

Vivanco, J. y Soto, H. 2010. Sistematización de la experiencia de rehabilitación basada en la comunidad de Chimbarongo. Ministerio de Salud, Gobierno de Chile. Disponible en: <https://www.senadis.gob.cl/descarga/i/236/documento>

Walczak, N., Walczak, Z., & Ficner, T. 2022. Determination of the Variation of the Geometric and Dynamic Parameters of the Floodplain Vegetation. *Water*, 14(8): 1274.

Weiwei, L.U., Xinciao, Y. U., Guodong, J. I. A., Hanzhi, L. I. and Ziqiang, L. I. U. 2018. Responses of intrinsic water-use efficiency and tree growth to climate change in semi-arid areas of North China. *Scientific Reports*, 8(308): 308-318.

Wilson, K.B., D.D. Baldocchi and P.J. Hanson. 2000. Spatial and seasonal variability of photosynthetic parameters and their relationship to leaf nitrogen in a deciduous forest. *Tree Physiology*, 20: 565–578.

Wikberg, J. 2006. Water relations in *Salix* with focus on drought responses. 43 p. PhD thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Forest Genetics and Plant Physiology. Umeå, Västerbotten, Sweden.

Wikberg, J., and Ögren, E. 2004. Interrelationships between water use and growth traits in biomass-producing willows. *Trees*, 18(1): 70-76.

Wilson, K.B., Baldocchi D.D. and Hanson, P.J. 2000. Spatial and seasonal variability of photosynthetic parameters and their relationship to leaf nitrogen in a deciduous forest. *Tree Physiol*, 20:565-578.

Wright, I. J., Dong, N., Maire, V., Prentice, I. C., Westoby, M., Díaz, S., and Wilf, P. 2017. Global climatic drivers of leaf size. *Science*, 357(6354): 917-921.

Xu, G-Q., Arndt, S. and Farrell, C. 2020. Leaf traits of drought tolerance for 37 shrub species originating from a moisture gradient. *Water*, 12(6): 1626.

Yi, K., Maxwell, J. T., Wenzel, M. K., Roman, D. T., Sauer, P. E., Phillips, R. P. and Novick, K. A. 2019. Linking variation in intrinsic water-use efficiency to isohydricity: a comparison at multiple spatiotemporal scales. *New Phytologist*, 221(1): 195-208.

Zhai, F., Li, H., Zhang, S., Li, Z., Liu, J., Qian, Y., Ju, G., Zhang, Y., Liu, L., Han, L. and Sun, Z. 2020. Male and female plants of *Salix viminalis* perform similarly to flooding in morphology, anatomy and physiology. *Forests*, 11(3): 321-337.

ANEXOS

Anexo I. Condiciones climáticas más relevantes registradas durante el período de desarrollo del cultivo desde brotación (1 de septiembre) hasta la cosecha (25 de julio) obtenidas del sitio web Agroclima de la Estación Esc. Agrícola Las Garzas (Red Agroclimática Nacional).

Año	Mes	HRM	RSM	VVM	ET ₀	PpM	TM
		(%)	(W m ⁻²)	(m s ⁻¹)	(mm día ⁻¹)	(mm)	(°C)
2020	Septiembre	77,8	789	5,4	2,2	10,4	11,6
2020	Octubre	71,5	927	4,2	3,6	0,0	15,0
2020	Noviembre	69,8	1002	3,5	4,5	2,1	17,0
2020	Diciembre	63,7	1037	2,9	5,1	1,0	19,3
2021	Enero	66,7	981	5,1	4,7	86,0	20,3
2021	Febrero	80,1	900	2,3	3,4	0,0	18,7
2021	Marzo	78,3	841	2,3	2,8	4,0	17,4
2021	Abril	82,5	629	2,6	1,6	2,0	13,5
2021	Mayo	88,0	467	2,4	0,9	8,0	9,9
2021	Junio	93,2	349	2,8	0,7	27,0	8,6
2021	Julio	80,0	482	3,4	0,7	1,0	5,7

*Se registró la humedad relativa media (HRM), radiación solar media (RSM), velocidad del viento máxima (VVM), evapotranspiración de referencia (ET₀), precipitación mensual (PpM) y temperatura media (TM).

Anexo II. Análisis de suelo del predio CO otorgado por Agrolab para los perfiles de suelo de 0-20 cm, 20-40 cm y 40-60 cm de profundidad.

Análisis	Unidad	Profundidad de muestreo		
		0 - 20 cm	20 - 40 cm	40 - 60 cm
Fertilidad				
pH (agua, relación 1:2,5)	1:2,5	6,7	6,3	6,2
C. Eléctrica (en extracto)	dS m ⁻¹	0,52	0,25	0,24
Materia orgánica	%	4,0	3,1	1,8
Nitrógeno disponible (N)	mg kg ⁻¹	37	35	23
Fósforo disponible (P)	mg kg ⁻¹	10	4	8
Potasio disponible (K)	mg kg ⁻¹	123	52	62
Textura				
Arena (2,00 – 0,05 mm)	%	20	16	23
Limo (0,05 – 0,002 mm)	%	43	43	34
Arcilla (< 0,002 mm)	%	37	41	43
Clase textural		Fco. Arcillosa	Arcillo limosa	Arcillosa
Densidad aparente (terrón)	g cc ⁻¹	1,42	1,37	1,44
Retención de humedad				
Capacidad de Campo	%	25,3	26,1	23,8
Punto de Marchitez Permanente	%	12,5	12,4	11,7
Humedad aprovechable	%	12,9	13,7	12,1

Anexo III. Análisis de suelo del predio HP otorgado por Agrolab para los perfiles de suelo de 0-20 cm, 20-40 cm y 40-60 cm de profundidad.

Análisis	Unidad	Profundidad de muestreo		
		0 - 20 cm	20 - 40 cm	40 - 60 cm
Fertilidad				
pH (agua, relación 1:2,5)	1:2,5	6,5	6,3	6,1
C. Eléctrica (en extracto)	dS m ⁻¹	0,21	0,18	0,25
Materia orgánica	%	2,5	1,7	1,3
Nitrógeno disponible (N)	mg kg ⁻¹	33	21	18
Fósforo disponible (P)	mg kg ⁻¹	7	3	4
Potasio disponible (K)	mg kg ⁻¹	61	39	52
Textura				
Arena (2,00 – 0,05 mm)	%	37	23	22
Limo (0,05 – 0,002 mm)	%	38	42	35
Arcilla (< 0,002 mm)	%	25	35	43
Clase textural		Franca	Fco. Arcillosa	Arcillosa
Densidad aparente (terrón)	g cc ⁻¹	1,55	1,50	1,44
Retención de humedad				
Capacidad de Campo	%	19,9	21,9	25,0
Punto de Marchitez Permanente	%	9,8	11,1	12,1
Humedad aprovechable	%	10,2	10,9	12,9

Anexo IV. Análisis de suelo del predio NB otorgado por Agrolab para los perfiles de suelo de 0-20 cm, 20-40 cm y 40-60 cm de profundidad.

Análisis	Unidad	Profundidad de muestreo		
		0 - 20 cm	20 - 40 cm	40 - 60 cm
Fertilidad				
pH (agua, relación 1:2,5)	1:2,5	6,9	6,4	6,4
C. Eléctrica (en extracto)	dS m ⁻¹	1,2	0,48	0,37
Materia orgánica	%	7,7	3,2	2,0
Nitrógeno disponible (N)	mg kg ⁻¹	47	36	24
Fósforo disponible (P)	mg kg ⁻¹	56	40	29
Potasio disponible (K)	mg kg ⁻¹	460	214	160
Textura				
Arena (2,00 – 0,05 mm)	%	32	37	37
Limo (0,05 – 0,002 mm)	%	35	30	30
Arcilla (< 0,002 mm)	%	33	33	33
Clase textural		Fco. arcillosa	Fco. Arcillosa	Fco. arcillosa
Densidad aparente (terrón)	g cc ⁻¹	1,37	1,55	1,52
Retención de humedad				
Capacidad de Campo	%	26,1	19,8	21,0
Punto de Marchitez Permanente	%	12,4	10,0	10,2
Humedad aprovechable	%	13,7	9,8	10,8

APÉNDICES

Apéndice 1. Calendario de riegos empleados en los tres predios, junto con la lámina de agua aplicada y el tiempo de riego utilizado.

Fecha	Lámina de agua (mm)			Tiempo de riego (horas)		
	T100	T70	T40	T100	T70	T40
22/10/20	25,8	25,8	25,8	3,0	3,0	3,0
07/10/20	25,8	25,8	25,8	3,0	3,0	3,0
14/11/20	34,4	34,4	34,4	4,0	4,0	4,0
21/11/20	33,0	23,1	13,2	3,8	2,7	1,5
29/11/20	40,0	28,0	16,0	4,6	3,3	1,9
08/12/20	49,7	34,8	19,9	5,8	4,0	2,3
13/12/20	25,3	17,7	10,1	2,9	2,1	1,2
19/12/20	28,8	20,1	11,5	3,3	2,3	1,3
27/12/20	44,7	31,3	17,9	5,2	3,6	2,1
03/01/21	33,6	23,5	13,5	3,9	2,7	1,6
10/01/21	35,1	24,6	14,0	4,1	2,9	1,6
17/01/21	40,6	28,4	16,3	4,7	3,3	1,9
24/01/21	38,8	27,2	15,5	4,5	3,2	1,8
07/02/21	14,2	9,9	5,7	1,7	1,2	0,7
14/02/21	22,8	15,9	9,1	2,6	1,9	1,1
21/02/21	19,8	13,9	7,9	2,3	1,6	0,9
28/02/21	28,0	19,6	11,2	3,3	2,3	1,3
06/02/21	20,8	14,6	8,3	2,4	1,7	1,0
14/03/21	25,5	17,9	10,2	3,0	2,1	1,2
19/03/21	4,1	2,9	1,6	0,5	0,3	0,2
30/03/21	28,6	20,0	11,4	3,3	2,3	1,3
05/04/21	9,3	6,5	3,7	1,1	0,8	0,4
15/04/21	19,7	13,8	7,9	2,3	1,6	0,9
04/05/21	14,0	9,8	5,6	1,6	1,1	0,7
17/05/21	7,8	5,4	3,1	0,9	0,6	0,4

*El inicio de los tratamientos fue el 21 de noviembre del 2020.

Apéndice 2. *P*-valor del análisis del modelo lineal general mixto para el efecto de los tratamientos, la fecha de la campaña de medición y su interacción en el contenido de agua del suelo de 0-20 cm y de 0-40 cm, del potencial xilemático, fracción de cobertura, largo de vara, área foliar específica, densidad básica de la madera y Valor Huber.

Predio	Fuente de variación	Contenido de	Contenido de	Potencial xilemático	Fracción de cobertura
		agua (0-20 cm)	agua (0-40 cm)		
CO	Fecha	<0,0001	0,0001	<0,0001	0,0040
	Tratamiento	0,0001	0,8578	0,0065	0,6399
	Interacción	0,2366	0,9190	0,0707	0,9681
HP	Fecha	<0,0001	<0,0001	0,0054	<0,0001
	Tratamiento	0,0078	0,1270	0,2799	0,8101
	Interacción	0,0736	0,1316	0,6245	0,7320

NB	Fecha	0,0032	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	Tratamiento	0,0498	0,2011	0,0164	0,8647
	Interacción	0,3981	0,4069	0,3347	0,6413
Predio	Fuente de variación	Largo de vara	Área foliar específica	Densidad básica de la madera	Valor Huber
CO	Fecha	0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	Tratamiento	0,0099	0,3884	0,8966	0,2606
	Interacción	0,1641	0,7226	0,4668	0,0014
HP	Fecha	0,0119	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	Tratamiento	0,7432	0,1373	0,9223	0,3240
	Interacción	0,1350	0,4481	0,8195	0,4245
NB	Fecha	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	Tratamiento	0,9144	0,7782	0,8193	0,5443
	Interacción	0,3697	0,3438	0,3139	0,3414

Apéndice 3. Medias del contenido de agua en el suelo de 0–20 cm de profundidad en un cultivo de sauce mimbre por cada fecha de medición en los predios CO, HP y NB.

Fecha de medición	Contenido de agua en el suelo en perfil de 0-20 cm (mm)		
	Predio		
	CO	HP	NB
1	44,73 b	63,29 b	60,78 a
2	34,47 c	59,26 b	64,44 a
3	41,03 b	54,87 b	63,43 a
4	46,78 b	45,31 c	62,05 a
5	42,18 b	42,20 c	51,86 b
7	63,34 a	68,26 a	68,57 a
1	44,73 b	63,29 b	60,78 a

Valores con letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p>0,05$).

Apéndice 4. Medias de la interacción entre el factor tratamiento y el factor fecha de medición para el contenido de agua (mm) en el suelo entre los 0-20 cm en el cultivo de sauce mimbre, por predio.

Predio	Tratamiento	Contenido de agua en el suelo en perfil de 0-20 cm (mm)					
		Campaña de medición					
		11 nov	10 dic	28 dic	25 ene	26 feb	13 abril
CO	T40	44,13 b	28,45 c	33,73 c	44,91 b	35,58 c	60,21 a
	T70	44,38 b	30,73 c	40,92 b	47,12 b	43,05 b	64,36 a
	T100	45,68 b	44,24 b	48,43 b	48,31 b	47,92 b	65,44 a
HP	T40	62,93 a	46,77 b	51,10 b	41,73 b	38,56 b	64,41 a
	T70	62,82 a	55,04 b	54,46 b	40,29 b	48,58 b	72,25 a

	T100	64,11 a	75,97 a	59,04 a	53,92 b	39,47 b	68,12 a
NB	T40	59,75 a	57,90 a	51,90 a	62,00 a	44,72 a	61,72 a
	T70	60,68 a	60,60 a	65,96 a	64,14 a	58,75 a	72,87 a
	T100	61,91 a	74,84 a	72,44 a	59,99 a	52,11 a	71,11 a

Valores con letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p>0,05$).

Apéndice 5. Medias del contenido de agua en el suelo de 0–40 cm de profundidad en un cultivo de sauce mimbre por cada fecha de medición en los predios CO, HP y NB.

Fecha de medición	Contenido de agua en el suelo en perfil de 20-40 cm (mm)		
	Predio		
	CO	HP	NB
4	89,90 b	88,86 b	130,93 a
5	89,03 b	84,37 b	107,39 b
7	118,49 a	125,28 a	135,90 a

Valores con letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p>0,05$).

Apéndice 6. Medias de la interacción entre el factor tratamiento y el factor fecha de medición para el contenido de agua (mm) en el suelo entre los 0-40 cm en el cultivo de sauce mimbre, por predio.

Predio	Tratamiento	Contenido de agua en el suelo en perfil de 0-40 cm (mm)		
		Campaña de medición		
		25 ene	26 feb	13 abril
CO	T40	86,25 b	87,71 b	117,31 a
	T70	91,40 b	85,23 b	121,52 a
	T100	92,06 b	94,16 b	116,65 a
HP	T40	82,45 c	72,73 c	113,56 b
	T70	82,83 c	97,45 b	136,70 a
	T100	101,30 b	82,94 c	125,60 a
NB	T40	130,56 a	92,11 b	126,88 a
	T70	134,35 a	119,31 a	142,32 a
	T100	127,89 a	110,76 a	138,50 a

Valores con letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p>0,05$).

Apéndice 7. Medias del Valor Huber obtenido en un cultivo de sauce mimbre por cada fecha de medición en los predios CO, HP y NB.

Fecha de medición	Valor Huber ($\times 10^{-4}$ cm ² cm ⁻²)		
	Predio		
	CO	HP	NB
1	4,44 b	4,86 b	4,27 c
2	2,26 b	9,38 b	3,75 c
3	3,95 b	2,74 b	3,31 c
4	9,89 b	9,45 b	10,21 b

5	10,84 b	13,45 b	24,24 a
7	45,14 a	45,50 a	-*

Valores con letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p>0,05$).

*Durante la séptima visita a terreno no se registraron hojas en el predio NB, por lo que no se midió el Valor Huber.

Apéndice 8. Medias del Valor Huber obtenido en un cultivo de sauce mimbre del periodo completo en los predios CO, HP y NB por cada tratamiento.

Tratamiento	Valor Huber ($\times 10^{-4}$ cm ² cm ⁻²)		
	Predio		
	CO	HP	NB
T40	17,27 a	15,58 a	7,11 a
T70	12,28 a	15,70 a	9,27 a
T100	8,71 a	11,41 a	7,11 a

Valores con letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p>0,05$).

Apéndice 9. Medias del área foliar específica obtenida en un cultivo de sauce mimbre por cada fecha de medición en los predios CO, HP y NB.

Fecha de medición	Área foliar específica (cm ² g ⁻¹)		
	Predio		
	CO	HP	NB
1	138,87 a	155,91 a	173,87 a
2	120,67 b	125,23 c	99,71 c
3	115,48 b	139,82 b	136,42 b
4	94,80 c	109,47 d	107,87 c
5	97,59 c	104,03 d	77,95 d
7	84,86 c	98,67 d	-*

Valores con letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p>0,05$).

*Durante la séptima visita a terreno no se registraron hojas en el predio NB, por lo que no se midió la SLA.

Apéndice 10. Medias de la interacción entre el factor tratamiento y el factor fecha de medición para el área foliar específica (cm² g⁻¹) en el cultivo de sauce mimbre, por predio.

Predio	Tratamiento	Área foliar específica (cm ² g ⁻¹)					
		Campaña de medición					
		11 nov	10 dic	28 dic	25 ene	26 feb	13 abril
CO	T40	137,25 a	124,25 b	121,19 b	96,25 c	94,54 c	93,41 c
	T70	152,07 a	117,88 b	111,27 b	93,39 c	103,72 b	78,31 c
	T100	127,28 b	119,88 b	113,99 b	94,76 c	94,50 c	82,86 c
HP	T40	163,34 a	121,75 b	143,07 a	109,85 c	106,14 c	104,42 c
	T70	148,82 a	124,67 b	124,14 b	107,92 c	102,53 c	95,68 c
	T100	155,56 a	129,27 b	152,26 a	110,67 c	103,41 c	95,91 c
NB	T40	170,64 a	94,49 c	130,65 b	117,91 c	86,82 c	-*
	T70	179,07 a	99,11 c	138,90 b	109,20 c	75,34 d	-*

T100	171,89 a	105,52 c	139,69 b	96,50 c	71,66 d	-*
------	----------	----------	----------	---------	---------	----

Valores con letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p>0,05$).

*Durante la séptima visita a terreno no se registraron hojas en el predio NB, por lo que no se midió la SLA.

Apéndice 11. Medias obtenidas de la fracción de cobertura del cultivo de sauce mimbre por cada fecha de medición en los predios CO, HP y NB.

Fecha de medición	Predio		
	CO	HP	NB
1	0,70 b	0,70 b	0,75 b
2	0,83 a	0,82 a	0,87 a
3	0,73 b	0,75 b	0,74 b
4	0,75 b	0,83 a	0,76 b
5	0,74 b	0,74 b	0,65 c
6	0,76 b	0,80 a	0,74 b

Valores con letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p>0,05$).

Apéndice 12. Medias de la interacción entre el factor tratamiento y el factor fecha de medición para la fracción de cobertura en el cultivo de sauce mimbre, por predio.

Predio	Tratamiento	Fracción de cobertura					
		Campaña de medición					
		11 nov	10 dic	28 dic	25 ene	26 feb	30 mar
CO	T40	0,70 a	0,82 a	0,73 a	0,75 a	0,65 a	0,79 a
	T70	0,67 a	0,80 a	0,80 a	0,70 a	0,74 a	0,75 a
	T100	0,74 a	0,86 a	0,81 a	0,84 a	0,77 a	0,81 a
HP	T40	0,71 b	0,89 a	0,64 b	0,83 a	0,69 b	0,79 a
	T70	0,72 b	0,90 a	0,79 a	0,84 a	0,77 a	0,82 a
	T100	0,67 b	0,89 a	0,74 b	0,82 a	0,76 a	0,80 a
NB	T40	0,72 b	0,90 a	0,72 b	0,75 b	0,69 b	0,76 b
	T70	0,83 b	0,91 a	0,84 b	0,80 b	0,65 b	0,79 b
	T100	0,78 b	0,92 a	0,84 b	0,81 b	0,73 b	0,75 b

Valores con letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p>0,05$).

Apéndice 13. Medias del largo de vara obtenido del cultivo de sauce mimbre por cada fecha de medición en los predios CO, HP y NB.

Fecha de medición	Largo de vara (m)		
	Predio		
	CO	HP	NB
3	2,49 a	3,07 a	2,58 a
4	2,28 b	3,03 a	2,33 b
5	2,27 b	3,02 a	2,60 a
7	2,36 b	2,75 b	2,54 a
8	2,16 c	2,83 b	2,05 c

Valores con letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p>0,05$).

Apéndice 14. Medias de la interacción entre el factor tratamiento y el factor fecha de medición para el largo de varas (m) en el cultivo de sauce mimbre, por predio.

Predio	Tratamiento	Largo de vara (m)				
		Campaña de medición				
		28 dic	25 ene	26 feb	13 abr	25 jul
CO	T40	2,51 a	2,27 b	2,16 b	2,27 b	1,91 c
	T70	2,33 b	2,23 b	2,23 b	2,34 b	2,18 b
	T100	2,61 a	2,33 b	2,42 a	2,46 a	2,40 b
HP	T40	2,99 a	2,97 a	2,75 a	2,66 a	2,92 a
	T70	3,04 a	3,11 a	3,06 a	2,74 a	2,74 a
	T100	3,19 a	3,00 a	3,24 a	2,84 a	2,81 a
NB	T40	2,65 a	2,35 a	2,41 a	2,71 a	2,05 b
	T70	2,62 a	2,30 a	2,73 a	2,48 a	2,08 b
	T100	2,48 a	2,35 a	2,67 a	2,43 a	2,01 b

Valores con letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p>0,05$).

Apéndice 15. *P*-valor del análisis de la varianza para el efecto de los tratamientos, el predio y su interacción en la densidad de vasos y media del área del lumen de vasos en varas de sauce mimbre.

Fuente de variación	Rasgo anatómico	
	Densidad de vasos	Área promedio del lumen de vasos
Predio	<0,0001	0,0959
Tratamiento	0,0014	0,0011
Interacción	0,0185	0,4857

Apéndice 16. *P*-valor del análisis de la varianza para el efecto de los tratamientos para el predio CO en la densidad de vasos y media del área del lumen de vasos en varas de sauce mimbre.

Fuente de variación	Rasgo anatómico	
	Densidad de vasos	Área promedio del lumen de vasos
Tratamiento	0,0091	0,0050

Apéndice 17. Medias de la interacción entre el factor tratamiento y el factor predio para la densidad y el área del lumen de vasos xilemáticos en varas de sauce mimbre.

Predio	Tratamiento	Rasgo anatómico	
		Densidad de vasos (mm ²)	Área promedio del lumen de vasos (µm ²)
CO	T40	52,85 b	1.138 b
	T70	64,32 a	1.167 b
	T100	42,36 c	1.680 a

HP	T40	35,66 c	1.418 a
	T70	40,18 c	1.505 a
	T100	38,38 c	1.625 a
NB	T40	39,29 c	1.225 b
	T70	43,96 c	1.190 b
	T100	39,03 c	1.573 a

Valores con letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p>0,05$).

Apéndice 18. Medias de la densidad de vasos y área del lumen de vasos en varas de sauce mimbre por tratamiento del promedio de los tres predios.

Tratamiento	Rasgo anatómico	
	Densidad de vasos (mm ²)	Área del lumen de vasos (µm ²)
T40	42,60 b	1.623 a
T70	49,49 a	1.287 b
T100	39,92 b	1.260 b

Valores con letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p>0,05$).

Apéndice 19. Medias de la densidad básica de la madera obtenida en un cultivo de sauce mimbre por cada fecha de medición en los predios CO, HP y NB.

Fecha de medición	Densidad básica de la madera (g cm ⁻³)		
	Predio		
	CO	HP	NB
1	0,40 b	0,35 d	0,39 b
2	0,49 a	0,46 c	0,46 a
3	0,51 a	0,47 c	0,49 a
4	0,49 a	0,51 b	0,49 a
5	0,49 a	0,49 b	0,48 a
7	0,53 a	0,50 b	0,50 a
8	0,53 a	0,53 a	0,47 a

Valores con letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p>0,05$).

Apéndice 20. Medias de la densidad básica de la madera obtenida en un cultivo de sauce mimbre del periodo completo en los predios CO, HP y NB por cada tratamiento.

Tratamiento	Densidad básica de la madera (g cm ⁻³)		
	Predio		
	CO	HP	NB
T40	0,49 a	0,47 a	0,49 a
T70	0,49 a	0,47 a	0,46 a
T100	0,49 a	0,48 a	0,47 a

Valores con letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p>0,05$).

Apéndice 21. Medias del potencial hídrico xilemático del cultivo de sauce mimbre por cada fecha de medición en los predios CO, HP y NB.

Fecha de medición	Potencial hídrico xilemático (MPa)		
	Predio		
	CO	HP	NB
1	-0,99 b	-1,19 b	-0,99 d
2	-1,07 b	-0,98 a	-0,89 c
3	-1,28 c	-1,00 a	-1,00 d
4	-1,04 b	-1,05 a	-0,88 c
5	-0,81 a	-1,09 a	-0,59 a
7	-0,81 a	-0,98 a	-0,79 b

Valores con letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p>0,05$).

Apéndice 22. Medias de la interacción entre el factor tratamiento y el factor fecha de medición para los potenciales hídricos xilemáticos (MPa) medidos en brotes de sauce mimbre, por predio.

Predio	Tratamiento	Potencial hídrico xilemático (MPa)					
		Campaña de medición					
		11 nov	10 dic	28 dic	25 ene	26 feb	13 abril
CO	T40	-0,92 a	-1,23 b	-1,42 c	-1,12 b	-0,93 a	-0,77 a
	T70	-1,11 b	-1,09 b	-1,23 b	-1,05 b	-1,04 b	-0,87 a
	T100	-0,93 a	-0,90 a	-1,19 b	-0,96 a	-0,87 a	-0,80 a
HP	T40	-1,12 a	-1,08 a	-1,02 a	-1,15 a	-1,08 a	-1,03 a
	T70	-1,24 a	-0,96 a	-0,96 a	-1,01 a	-1,10 a	-1,02 a
	T100	-1,20 a	-0,91 a	-1,02 a	-0,99 a	-1,08 a	-0,90 a
NB	T40	-0,99 c	-0,92 c	-1,10 d	-0,92 c	-0,74 b	-0,84 c
	T70	-1,02 c	-0,93 c	-0,98 c	-0,89 c	-0,54 a	-0,85 c
	T100	-0,97 c	-0,82 c	-0,93 c	-0,85 c	-0,51 a	-0,68 b

Valores con letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p>0,05$).

Apéndice 23. *P*-valor del análisis de la varianza para el efecto de los tratamientos, el predio y su interacción en enriquecimiento de oxígeno 18 ($\delta^{18}\text{O}$), eficiencia del uso del agua intrínseca (EUA_i) en brotes y el módulo de elasticidad.

Fuente de variación	$\delta^{18}\text{O}$	$\Delta^{13}\text{C}$	EUA_i	Módulo de elasticidad
Predio	0,3497	0,0049	0,0047	0,1918
Tratamiento	0,8833	0,8082	0,8099	0,2428
Interacción	0,3041	0,1299	0,1273	0,9605

Apéndice 24. *P*-valor del análisis de la varianza para el efecto de los tratamientos para el predio CO en enriquecimiento de oxígeno 18 ($\delta^{18}\text{O}$), eficiencia del uso del agua intrínseca (EUA_i) en brotes y el módulo de elasticidad.

Fuente de variación	$\delta^{18}\text{O}$	$\Delta^{13}\text{C}$	EUA_i	Módulo de elasticidad
Tratamiento	0,7849	0,2453	0,2437	0,7448

Apéndice 25. Medias del enriquecimiento de oxígeno 18 ($\delta^{18}\text{O}$), discriminación isotópica de carbono 13 ($\Delta^{13}\text{C}$) y eficiencia del uso del agua intrínseca (EUA_i) en brotes obtenidos al final de la temporada en cada tratamiento del promedio de los tres predios.

Tratamiento	Variable fisiológica		
	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	$\Delta^{13}\text{C}$	EUA_i ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$)
T40	20,16 a	19,65 a	82,51 a
T70	20,03 a	19,72 a	81,74 a
T100	20,03 a	19,54 a	83,68 a

Valores con letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p>0,05$).

Apéndice 26. Medias del enriquecimiento de oxígeno 18 ($\delta^{18}\text{O}$), discriminación isotópica de carbono 13 ($\Delta^{13}\text{C}$) y eficiencia del uso del agua intrínseca (EUA_i) en brotes obtenidos al final de la temporada por cada tratamiento del predio CO.

Tratamiento	Variable fisiológica		
	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	$\Delta^{13}\text{C}$	EUA_i ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$)
T40	19,95 a	18,71 a	92,99 a
T70	20,36 a	19,18 a	87,71 a
T100	20,18 a	19,39 a	85,37 a

Valores con letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p\leq 0,05$).

Apéndice 27. *P*-valor del análisis de la varianza para el efecto de los tratamientos, el predio y su interacción en rendimiento en fresco y seco de la cosecha del cultivo de sauce mimbre.

Fuente de variación	Rendimiento	
	Fresco	Seco
Predio	0,0005	0,1510
Tratamiento	0,8466	0,7723
Interacción	0,9581	0,9158

Apéndice 28. *P*-valor del análisis de la varianza para el efecto de los tratamientos para el predio CO en el rendimiento en fresco y seco de la cosecha del cultivo de sauce mimbre.

Fuente de variación	Rendimiento	
	Fresco	Fresco
Tratamiento	0,6727	0,6496

Apéndice 29. Medias del rendimiento en fresco y seco de la cosecha del cultivo de sauce mimbre en cada tratamiento del promedio de los tres predios.

Tratamiento	Rendimiento	
	Fresco	Seco
	(kg ha ⁻¹)	
T40	16.766 a	11.889 a
T70	18.693 a	13.440 a
T100	18.126 a	13.298 a

Valores con letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p>0,05$).

Apéndice 30. Medias del rendimiento en fresco y seco de la cosecha del cultivo de sauce mimbre en cada tratamiento para el predio CO.

Tratamiento	Rendimiento	
	Fresco	Seco
	(kg ha ⁻¹)	
T40	10.034 a	9.006 a
T70	10.374 a	9.346 a
T100	13.222 a	11.982 a

Valores con letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p \leq 0,05$).

Apéndice 31. *P*-valor del análisis de la varianza para el efecto de los tratamientos, el predio y su interacción en el porcentaje del peso fresco de varas gruesas (PFG), porcentaje del peso fresco de varas medianas (PFM) y porcentaje del peso fresco de varas finas (PFF). PFG, PFM y PFF son porcentajes con respecto al peso fresco total por hectárea.

Fuente de variación	Porcentaje del preso fresco por calibre		
	PFG	PFM	PFF
Predio	0,0045	0,0663	0,0805
Tratamiento	0,8920	0,9181	0,9293
Interacción	0,9902	0,5728	0,0397

Apéndice 32. *P*-valor del análisis de la varianza para el efecto de los tratamientos para el predio CO, en el porcentaje del peso fresco de varas gruesas (PFG), porcentaje del peso fresco de varas medianas (PFM) y porcentaje del peso fresco de varas finas (PFF). PFG, PFM y PFF son porcentajes con respecto al peso fresco total por hectárea.

Fuente de variación	Porcentaje del preso fresco		
	PFG	PFM	PFF
Tratamiento	0,6608	0,2629	0,0487

Apéndice 33. Medias del porcentaje del peso fresco de varas gruesas (PFG), porcentaje del peso fresco de varas medianas (PFM) y porcentaje del peso fresco de varas finas (PFF) de sauce mimbre en cada tratamiento del promedio de los tres predios.

Tratamiento	Porcentaje del peso fresco por calibre (%)		
	PFG	PFM	PFF
T40	19,14 a	58,06 a	22,80 a
T70	19,01 a	60,11 a	20,88 a
T100	22,38 a	56,77 a	20,85 a

Valores con letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p > 0,05$).

Apéndice 34. Medias del porcentaje del peso fresco de varas gruesas (PFG), porcentaje del peso fresco de varas medianas (PFM) y porcentaje del peso fresco de varas finas (PFF) de sauce mimbre en cada tratamiento para el predio CO.

Tratamiento	Porcentaje del peso fresco por calibre (%)		
	PFG	PFM	PFF
T40	0,90 a	68,50 a	30,60 a
T70	3,65 a	64,70 a	31,65 a
T100	7,58 a	68,50 a	13,47 b

Valores con letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p>0,05$).

Apéndice 35. *P*-valor del análisis de la varianza para el efecto de los tratamientos, el predio y su interacción en el del número de varas gruesas (NVG), porcentaje del número de varas medianas (NVM), porcentaje del número de varas finas (NVF) y número de varas total por hectárea (NVT). NVG, NVM y NVF son porcentajes con respecto al número total de varas por hectárea. PFG, PFM y PFF son porcentajes con respecto al peso fresco total por hectárea.

Fuente de variación	Número de varas totales y por calibre			
	NVT	NVG	NVM	NVF
Predio	0,1202	0,0001	0,1566	0,1096
Tratamiento	0,7319	0,9647	0,6347	0,7747
Interacción	0,9879	0,9952	0,2957	0,3409

Apéndice 36. *P*-valor del análisis de la varianza para el efecto de los tratamientos para el predio CO, en el del número de varas gruesas (NVG), porcentaje del número de varas medianas (NVM), porcentaje del número de varas finas (NVF) y número de varas total por hectárea (NVT). NVG, NVM y NVF son porcentajes con respecto al número total de varas por hectárea. PFG, PFM y PFF son porcentajes con respecto al peso fresco total por hectárea.

Fuente de variación	Número de varas			
	NVT	NVG	NVM	NVF
Tratamiento	0,6778	0,7999	0,0432	0,1485

Apéndice 37. Medias de la interacción entre el factor tratamiento y el factor predio para el porcentaje del número de varas gruesas (NVG), porcentaje del número de varas medianas (NVM), porcentaje del número de varas finas (NVF) y número de varas total por hectárea (NVT). NVG, NVM y NVF son porcentajes con respecto al número total de varas por hectárea.

Predio	Tratamiento	Número de varas totales y por calibre			
		NVT (N° ha ⁻¹)	NVG (%)	NVM (%)	NVF (%)
CO	T40	228.423 a	0,42 b	43,55 b	56,03 a
	T70	243.304 a	1,20 b	48,65 b	50,15 a
	T100	257.440 a	1,35 b	61,36 a	37,30 a
HP	T40	319.841 a	20,81 a	41,43 b	37,76 a
	T70	333.333 a	18,73 a	43,40 b	37,87 a
	T100	327.778 a	18,31 a	43,10 b	38,59 a
NB	T40	278.571 a	4,45 b	42,63 b	52,92 a
	T70	298.413 a	2,91 b	47,71 b	49,38 a
	T100	285.714 a	3,95 b	36,26 b	59,79 a

Valores con letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p>0,05$).

Apéndice 38. Medias del porcentaje del número de varas gruesas (NVG), porcentaje del número de varas medianas (NVM), porcentaje del número de varas finas (NVF) y número de varas total por hectárea (NVT) por cada tratamiento del promedio de los tres

predios. NVG, NVM y NVF son porcentajes con respecto al número total de varas por hectárea.

Tratamiento	Número de varas			
	NVT (N°/ha)	NVG (%)	NVM (%)	NVF (%)
T40	275.612 a	8,56 a	42,54 a	48,90 a
T70	291.683 a	7,61 a	46,58 a	45,80 a
T100	290.310 a	7,87 a	46,90 a	45,23 a

Valores con letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p \leq 0,05$).

Apéndice 39. Medias del módulo de elasticidad en varas de sauce mimbre por predio.

Predio	Módulo de elasticidad (MPa)
CO	4.577 a
HP	4.952 a
NB	4.641 a

Valores con letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p > 0,05$).

Apéndice 40. Medias del módulo de elasticidad en varas de sauce mimbre en cada tratamiento del promedio de los tres predios.

Tratamiento	Módulo de elasticidad (MPa)
T40	4.838 a
T70	4.822 a
T100	4.511 a

Valores con letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p > 0,05$).

Apéndice 41. Medias del módulo de elasticidad en varas de sauce mimbre en cada tratamiento para el predio CO.

Tratamiento	Módulo de elasticidad (MPa)
T40	4.657 a
T70	4.611 a
T100	4.463 a

Valores con letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente ($p > 0,05$).

Apéndice 42. Significancia estadística del efecto de los tratamientos por predio en variables fisiológicas, anatómicas, productivas y de calidad de las varas de *S. viminalis*.

Predio	Potencial hídrico xilemático	Altura de agua de 0- 20 cm	Altura de agua de 20- 40 cm	Altura de agua de 0- 40 cm	Área foliar específica	Fracción de cobertura
CO	*	**	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
HP	N.S.	N.S.	†	N.S.	N.S.	N.S.
NB	†	†	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

Predio	Largo de vara	Valor Huber	Densidad básica	PFG	PFM	PFF
CO	**	**	N.S.	N.S.	N.S.	*
HP	N.S.	*	†	N.S.	N.S.	N.S.
NB	N.S.	**	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

Predio	NVG	NVM	NVF	NVT	Rendimiento fresco	Rendimiento seco
CO	N.S.	*	†	N.S.	N.S.	N.S.
HP	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
NB	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

Predio	Módulo de elasticidad	Densidad de vasos	Área de lumen de vasos	$\delta^{18}\text{O}$	$\Delta^{13}\text{C}$	EUA _i
CO	N.S.	**	**	N.S.	N.S.	N.S.
HP	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
NB	N.S.	N.S.	†	N.S.	N.S.	N.S.

† $p \leq 0,1$; * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; N.S: No significativo ($p > 0,05$). Para el análisis de densidad básica de la madera y Valor Huber se consideró la última campaña de medición. En el caso del análisis del Valor Huber en el predio NB, se analizó la última fecha donde se registraron hojas en ese predio, que fue el 26 de febrero, mientras que en los predios CO y HP fue el 13 de abril. PFG (Porcentaje del peso fresco de varas gruesas), PFM (porcentaje del peso fresco de varas medianas), PFF (porcentaje del peso fresco de varas finas), NVG (Porcentaje del número de varas gruesas), NVM (Porcentaje del número de varas medianas), NVF (Porcentaje del número de varas finas), NVT (número total de varas), $\delta^{18}\text{O}$ (composición isotópica de oxígeno 18), $\Delta^{13}\text{C}$ (discriminación isotópica de carbono 13) y EUA_i (eficiencia del uso del agua intrínseca).