

Sistemas agroforestales con álamos y sauces en los valles de Patagonia Norte

Esteban Thomas
Hernán Cancio
Gonzalo Caballé

Estación Experimental
Agropecuaria
Alto Valle

Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria
Argentina



Sistemas agroforestales con álamos y sauces en los valles de Patagonia Norte

Esteban Thomas - thomas.esteban@inta.gob.ar

Hernán Cancio - hhcancio@hotmail.com

Gonzalo Caballé - caballe.gonzalo@inta.gob.ar

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

Centro Regional Patagonia Norte

Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle

©INTA, 2023



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria
Argentina

Estación Experimental
Agropecuaria
Alto Valle

Introducción

En los valles de Patagonia Norte se utilizan álamos y sauces como cortinas rompevientos para la protección de diferentes cultivos (frutícolas, hortícolas, forrajeros) y en forestaciones en macizo destinadas a la producción de madera de calidad. La madera de estas especies es utilizada por las industrias del aserrado y debobinado, principalmente en la producción de envases y embalajes para el transporte y comercialización de productos frutihortícolas, como también para la obtención de vigas, tablas, tirantes y machimbres utilizados por el sector de la construcción. Un porcentaje menor se destina a la industria celulósica, que puede aprovechar los rollizos de menor diámetro (García y Serventi, 2006; Thomas y Garcés, 2014).

La superficie forestada con álamos y sauces en los valles de Patagonia Norte se encuentra en notable retroceso. García y Serventi (2006) mencionan que a mediados de la década del 90 existían aproximadamente 3.500 hectáreas de forestaciones en macizo, superficie que disminuyó a 2.810 hectáreas estimadas al momento de esa publicación. Además, ponen énfasis en que algo más del 50 % de esas 2.810 hectáreas corresponde a macizos de menos de 5 años de edad. El Inventario de Plantaciones Forestales bajo riego en la región patagónica realizado en 2017, indica una superficie de 1.520 hectáreas de macizos (Bava, 2017), considerablemente menor a las estimaciones antes mencionadas.

Si bien desde 1999 existe un instrumento de incentivo a través de la Ley N° 25.080 de Inversión para Bosques Cultivados -prorrogada en 2008 por la Ley N° 26.432 y en 2018 por la Ley N° 27.487-, se observa una sensible disminución de la superficie de macizos forestales en la región. La principal causa de esta situación es la crisis de la actividad frutícola, principal destino de los productos elaborados con la madera de álamos y sauces, que se traduce en un mercado deprimido, con un consumo estimado de madera que disminuyó de aproximadamente 300.000 a 155.000 toneladas anuales (García y Serventi, 2006; García *et al.*, 2017) y precios bajos para la madera. En este contexto, la adopción de sistemas agroforestales como alternativa productiva podría contribuir al aumento de la superficie forestada en la región.

Viabilidad biológica de los sistemas agroforestales

Los sistemas agroforestales, que combinan especies leñosas con diferentes cultivos agrícolas, pasturas y/o animales en la misma unidad de producción, optimizan las interacciones biológicas creadas entre estos componentes, otorgando como resultado una mayor eficiencia en la captura y utilización de recursos (nutrientes, luz y agua) con el consecuente aumento de la productividad (Gordon *et al.*, 1997). Simultáneamente, la mayor diversidad estructural provee al sistema una alta estabilidad y una resiliencia ambiental y económica a nivel de predio (Lefroy *et al.*, 1999).

El correcto manejo agroforestal implica la optimización del uso espacial y temporal de los recursos para el crecimiento, de manera de maximizar las interacciones positivas (facilitación) y minimizar las negativas (competencia) que se generan entre los componentes (Jose *et al.*, 2000). La competencia se produce cuando las especies componentes del sistema se superponen en el uso de los recursos, a punto tal que el crecimiento, la supervivencia o el éxito reproductivo de alguna de ellas se ve negativamente afectado (Harper, 1990). La facilitación ocurre cuando una de las especies del sistema modifica el ambiente biofísico de manera tal de crear una o más condiciones favorables para el desarrollo de la especie restante. La especie facilitadora puede producir un incremento neto de los recursos en el sistema o capturar y utilizar más eficientemente alguno de los recursos de crecimiento (Holmgren *et al.*, 1997). El resultado neto de las interacciones de facilitación y competencia, que en última instancia asegura la viabilidad de los sistemas agroforestales, es dinámico y depende del estadio de vida de las especies involucradas, de la fisiología de las mismas y de la intensidad del estrés causado por factores abióticos (Callaway y Walker, 1997).

La competencia entre el estrato arbóreo y el estrato herbáceo o agrícola se genera principalmente por radiación solar debido al fuerte contraste en las formas de crecimiento. En función del índice de área foliar (IAF), dependiente de la edad y el tamaño de los árboles, y de las prácticas silviculturales aplicadas (podas y raleos), disminuye la cantidad y se altera la calidad de la radiación que alcanza el sotobosque (Holmes, 1981; Wilson y Lodlow, 1991). Al mismo tiempo, los árboles generan relaciones de competencia y facilitación por el agua sobre las plantas del sotobosque: competencia al interceptar las precipitaciones o utilizar agua en el mismo estrato de suelo que los pastos (Gyenge *et al.*, 2002; García-Barrios y Ong, 2004) y facilitación al mejorar las propiedades físicas del suelo, reducir las pérdidas por escurrimiento superficial, disminuir la demanda evaporativa o aportar agua desde zonas profundas por el proceso de “ascenso hidráulico” (Richards y Caldwell, 1987). Si bien en los sistemas silvopastoriles la sombra de los árboles constituye el principal factor limitante para la producción forrajera, presenta un efecto neto de facilitación sobre el componente animal. La cobertura arbórea disminuye el estrés térmico que provoca la incidencia directa de la radiación solar sobre los animales. Por este motivo, los sistemas silvopastoriles permiten mejorar las ganancias de peso diarias de los animales respecto de los sistemas pastoriles convencionales (Thomas y Ferrere, 2019).

Por lo expuesto, es de suma importancia conocer los cambios provocados por el dosel arbóreo sobre la calidad y cantidad de radiación solar que alcanza el sotobosque, y las relaciones de competencia o facilitación por el agua en suelo, ya que influyen de manera compleja sobre el crecimiento, la productividad y/o la supervivencia del estrato herbáceo o los cultivos agrícolas en los sistemas agroforestales. Igualmente, es importante evaluar y tener en cuenta el efecto positivo que genera el estrato arbóreo sobre el desempeño del componente animal.

Silvicultura con álamos y sauces en los valles de Patagonia Norte

Especies y clones de álamos y sauces difundidos en la región

En los valles del norte de la Patagonia se han difundido clones de álamos y sauces que se adaptaron al clima de la región tanto para la plantación de cortinas rompevientos como de macizos forestales. El principal aspecto que define la elección de la especie y el clon es la susceptibilidad a las enfermedades presentes en cada una de las zonas de la región. A su vez, dentro de cada zona se deben contemplar las características de los suelos y los objetivos de producción.

Álamos

Para la plantación de cortinas rompevientos, cuyo propósito es proteger a los cultivos de los fuertes vientos característicos de la región, se usan principalmente los álamos criollo (*Populus nigra* 'Itálica'), chileno (*P. nigra* 'Chile') y Blanc de Garonne (*P. nigra* 'Jean Pourtet') (Serventi, 2011; Thomas, 2015). Estos clones poseen copa estrecha, numerosas ramas cortas desde la base del tronco y hojas pequeñas, conformando barreras que disminuyen la velocidad del viento a valores tolerables por los cultivos de interés, contribuyendo además a la disminución de la erosión eólica (Lassig y Palese, 2011; Peri, 2011) y amortiguando el efecto de las heladas (Tassara, 2005). En menor proporción, se utilizan híbridos euroamericanos (*P. xcanadensis*) y ocasionalmente el álamo híbrido español (*P. xcanescens*).

Tanto en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén como en el valle de 25 de Mayo (La Pampa) y Catriel (Río Negro), no existen restricciones respecto de los clones a utilizar para la plantación de macizos destinados a producir madera de calidad. Se utilizan principalmente híbridos euroamericanos debido a su rapidez de crecimiento, características de la madera y rectitud de fuste, siendo I-214, I-488, Conti 12 y Guardi los más difundidos (Thomas, 2015). El color claro de la madera de estos clones otorga buena aptitud para algunas industrias como la del debobinado para fabricar tableros compensados (Nolting, 2001).

En las zonas con mayores precipitaciones como los valles de General Conesa, Río Colorado e inferior del río Negro (IDEVI), donde la cancrrosis (*Septoria musiva*) tiene mayor incidencia, se utilizan clones de híbridos euroamericanos como Conti 12 y clones de álamos deltoides (*P. deltoides*) como Harvard y Stoneville 72 (Thomas y Cortizo, 2014b).

A partir de evaluaciones de nuevos clones para la región realizadas por INTA Alto Valle, se suman a los antes mencionados los híbridos euroamericanos Triplo y Ragonese 22 INTA, y los deltoides Ñacurutú INTA, Carabelas INTA y Paycarabí INTA. Estos clones, al ser tolerantes a la cancrrosis, se recomiendan para ser utilizados en toda la región, sobre todo en aquellas zonas donde la cancrrosis limita el uso de algunos de los clones de híbridos euroamericanos susceptibles a la enfermedad (Thomas y Garcés, 2014; Thomas y Cortizo, 2014a).

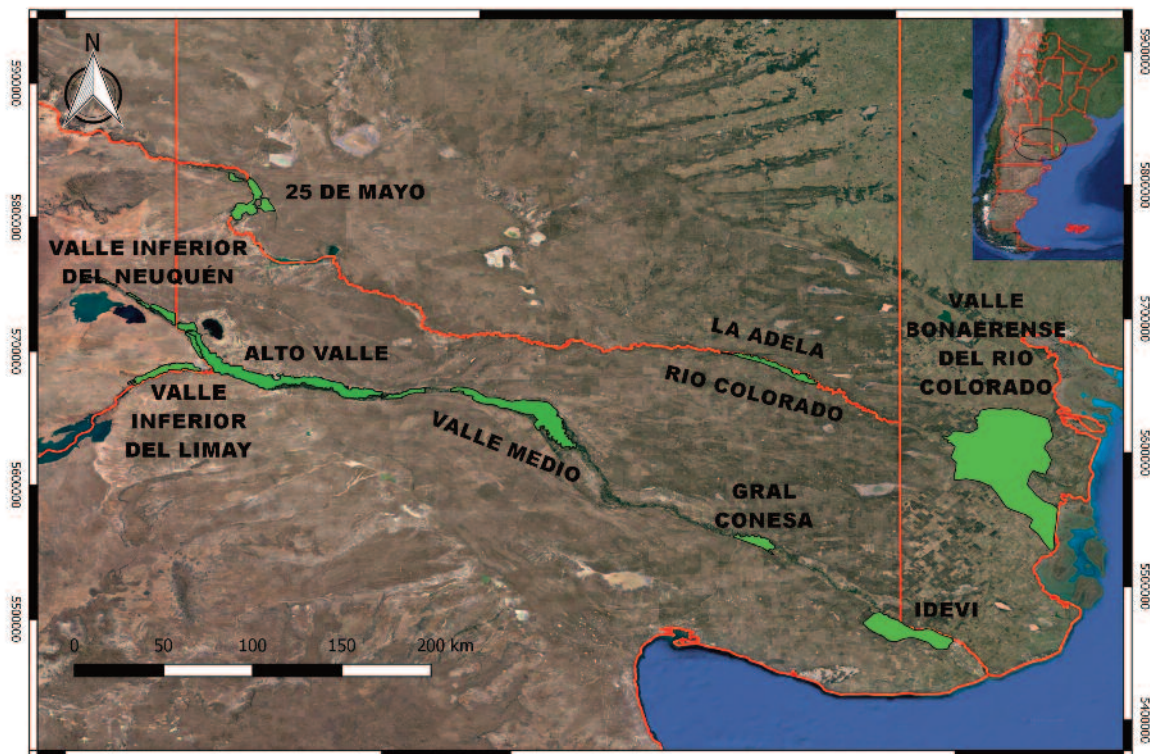


Figura 1. Localización de los valles irrigados en el norte de la Patagonia (Elaborada por Montenegro A.)

Sauces

Las forestaciones en macizo con sauces actualmente son escasas y tienen como objetivo la producción de madera para triturado. Tanto para cortinas rompevientos como para macizos se utilizan los sauces híbridos Barrett 13-44 INTA (*Salix matsudana* x *S. alba*), Ragonese 131-25 INTA y Ragonese 131-27 INTA (*S. babylonica* x *S. alba*), este último muy difundido en el valle de Río Colorado. Sin embargo, a partir de evaluaciones de nuevos materiales genéticos, los sauces han demostrado un alto potencial productivo tanto para triturado como para usos sólidos, incluso en suelos marginales. Los híbridos Los Arroyos INTA-CIEF y Agronales INTA-CIEF (*Salix matsudana* x *S. alba*), y algunos otros en etapa final de selección han mostrado un destacado desempeño en suelos salino-sódicos (Thomas y Garcés, 2014; Thomas y Cerrillo, 2014; Cortizo et al., 2016; Montero et al., 2017).

Materiales de plantación

Para la implantación de barreras rompevientos o de macizos se pueden utilizar diferentes materiales. La estaca, que es una porción de tallo lignificado de un año de edad y de 20-30 cm de longitud; la guía, también conocida como varillón, que es el tallo completo, lignificado, producto del crecimiento de uno o dos años, de 2-3,5 m de longitud; y la planta, llamada también barbado, es generada en vivero a partir de una estaca. A las plantas de un año de edad se las denomina R1/T1, ya que tanto la raíz (R) como el tallo (T) tienen un año de edad. Existen también plantas con tallo y raíz de dos años (R2/T2) o bien con tallo de un año y raíz de dos años (R2/T1) (Amico, 2006; Thomas, 2015).

En el caso de macizos es aconsejable utilizar plantas de un año de edad con buen tamaño (2,5 m a 3,5 m de altura) y raíces bien desarrolladas. La ventaja comparativa de este material respecto a los otros es que permite un rápido y homogéneo establecimiento de la forestación. También pueden usarse guías de similar tamaño (2-3,5 m de longitud), que permitan lograr un resultado similar respecto a la homogeneidad de la plantación, aunque el crecimiento durante el primer año será menor al que se obtiene cuando se utilizan plantas con raíz.

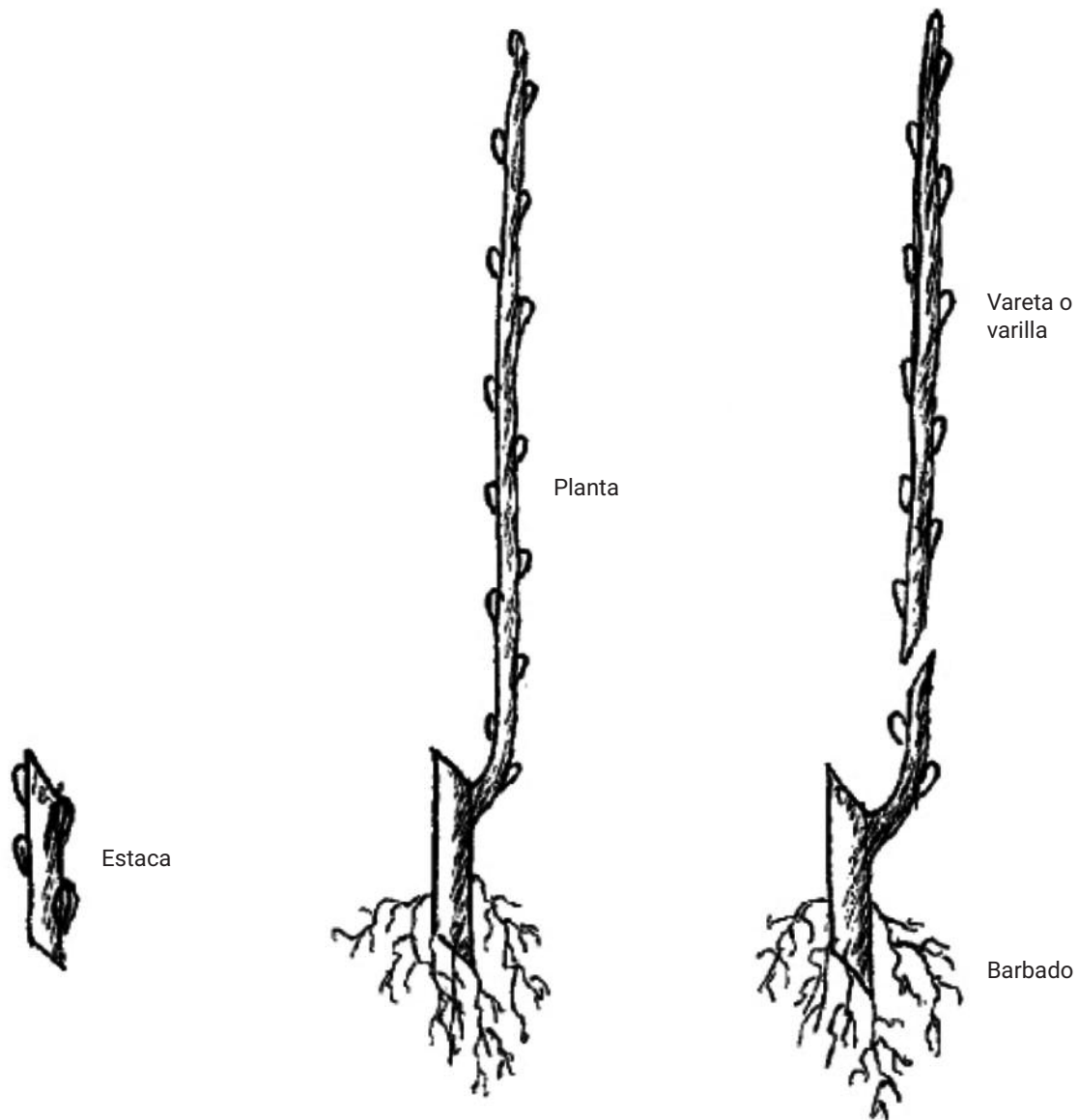


Figura 2. Materiales de plantación de álamos y sauces (Amico, 2006)

Métodos de plantación

Para la plantación se pueden utilizar diferentes implementos o herramientas según el material elegido, la mano de obra y la maquinaria disponible:

- **Barreta:** se usa esta herramienta para hacer un pequeño hoyo en el terreno de 20-30 cm de profundidad. Se utiliza principalmente para la plantación de estacas de 25-30 cm de largo, o eventualmente para la plantación de guías, con el inconveniente que éstas quedan enterradas a poca profundidad y con riesgo de vuelco durante el primer año provocado por los fuertes vientos.
- **Barreta hidráulica:** también conocida como hidroplantadora, consiste en un caño con un orificio de menor diámetro en el extremo inferior que, unido a la máquina pulverizadora a través de una manguera, inyecta agua a presión en el suelo y va realizando el hoyo para la posterior plantación (Cancio y Thomas, 2011). En este caso se utilizan estacas largas (60-70 cm) o guías (2,5 m a 3,5 m), aprovechando la profundidad que se logra con esta herramienta (60-70 cm). De esta manera se logra un buen anclaje evitando riesgos de vuelco por efecto de los vientos. Además de su practicidad, este método aporta agua al suelo favoreciendo el enraizamiento.
- **Hoyadora agrícola:** existen diferentes modelos, desde las que poseen un motor a explosión propio y son operadas manualmente, a las que poseen una mecha de mayor diámetro y profundidad siendo accionadas por la toma de fuerza del tractor. Esta herramienta permite realizar hoyos de 60-80 cm de profundidad y de 30-40 cm de diámetro, y es usada principalmente cuando se utilizan plantas, o eventualmente guías, para lo que se podría colocar una mecha de menor diámetro.

Independientemente del método de plantación elegido, es importante lograr un buen contacto del material de plantación con el suelo, rellenando con tierra cuando sea necesario y apisonando firmemente alrededor de las estacas, guías o plantas (barbados).



Figura 3. Hoyadora agrícola (izquierda) y barreta hidráulica (derecha)

Época de plantación

El momento adecuado de plantación es durante el reposo vegetativo, que comienza en otoño a partir del momento de la caída de las hojas. En caso de utilizarse plantas, la operación puede realizarse a partir del mes de junio y hasta mediados de septiembre, previo al inicio de la brotación. La disponibilidad de raíces permite cierta flexibilidad del momento de plantación, ya que la humedad disponible en el suelo evitará una eventual deshidratación. En cambio, cuando se usen estacas o guías, ambas sin raíz, es conveniente plantar a partir de mediados de agosto y hasta principios de septiembre, haciéndola coincidir con la disponibilidad de agua para riego que normalmente ocurre a principios de septiembre. De esta manera, la aplicación del primer riego evita la posible deshidratación de estos materiales, minimizando la probabilidad de fallas (Thomas, 2015).

Densidades de plantación

Las densidades de plantación de los macizos varían en función de los objetivos productivos a mediano y largo plazo. El aprovechamiento final de la madera se obtiene entre los 12 y 15 años, dependiendo de la calidad del sitio y de las prácticas culturales realizadas durante el ciclo forestal. Se recomiendan utilizar densidades bajas (200 a 350 árboles/ha) cuando el objetivo es producir rollizos de grandes diámetros para la cosecha final sin necesidad de raleo, ya que los árboles crecerán prácticamente sin competencia por los recursos (espacio, luz, agua y nutrientes) hasta el final del ciclo productivo. A modo de ejemplo, marcos de plantación de 8 m x 4 m o 10 m x 5 m permiten la producción agrícola entre las filas de árboles sin mermas importantes de rendimientos de los cultivos. En cambio, cuando el objetivo es producir rollizos de menor diámetro o postes a través de un raleo, y rollizos de grandes diámetros en la cosecha final, se recomiendan utilizar densidades intermedias (350 a 650 árboles/ha). Del mismo modo que en el caso anterior, marcos de plantación de 6 m x 3 m u 8 m x 2 m permiten la producción agrícola entre las filas de árboles, pudiendo haber mermas de rendimiento por efecto del sombreado en función de las necesidades lumínicas del cultivo implantado (Thomas, 2015).



Figura 4. Macizo de álamos euroamericanos Guardi plantado con guías a 6 m x 3 m utilizando barreta hidráulica.

Riego

Los álamos y los sauces son muy demandantes de agua, requiriendo al menos 8.000-9.000 m³/ha (800-900 mm/ha) durante la estación de crecimiento (FAO, 1980). En la región de los valles las precipitaciones varían desde aproximadamente 240 mm en el Alto Valle de Río Negro (Rodríguez y Muñoz, 2006) hasta 400 mm en el Valle Inferior del Río Negro (Musi Saluj, 2018). Debido a que estas lluvias no alcanzan a cubrir las necesidades hídricas de ambas especies, se complementa a través de riegos durante el período de mayor demanda hídrica que ocurre entre los meses de septiembre y abril. El riego se realiza normalmente por manto o inundación, aunque existen experiencias con riego por goteo (Montero y Thomas, 2017). La frecuencia de riegos debe ser alta durante los primeros años, aconsejándose regar cada 7 a 10 días, reduciéndose a una frecuencia cada 15 días a medida que los árboles crecen y sus raíces aumentan la exploración del suelo y la absorción de la napa freática.

Poda

La poda consiste en la eliminación de algunas ramas con el objetivo de producir madera sin nudos. En el caso de los álamos y sauces, se pueden diferenciar dos tipos de intervención: poda de formación y poda de limpieza de fuste (Amico, 2006).

La poda de formación consiste en la eliminación de tallos secundarios, bifurcaciones y ramas laterales que compitan con el tallo principal, con el objetivo de formar un árbol con un único fuste y sin ramas laterales de tamaño importante. Esta intervención se debe realizar durante los primeros tres años utilizando tijera de podar, tijerón o eventualmente serrucho.

La poda de limpieza de fuste consiste en la eliminación de ramas laterales de la porción inferior del fuste para poder obtener madera de calidad. Cada una de las intervenciones se denomina levante, y suelen realizarse dos levantes de poda hasta lograr un fuste sin ramas de 6 a 8 metros de altura aproximadamente. Debido a que la eliminación de ramas, y por lo tanto de hojas, reduce la capacidad fotosintética, se recomienda no podar más del 50 % de la altura total de los árboles en cada intervención, ya que una proporción mayor podría afectar la producción anual de madera. La extracción de las ramas se realiza con una pértiga con serrucho o con motosierra de altura. Suele utilizarse una plataforma elevada para mejorar la ergonomía de los operarios (Figura 5).

El corte realizado por las diferentes herramientas debe ser limpio, sin desgarros, teniendo la precaución de no lastimar la corteza, que incluye el tejido de cicatrización que se encuentra en la base de la rama, ni dejar una porción de rama o taco, que impedirán una correcta cicatrización de la herida (Figura 5).

La época en la que se acostumbra realizar la poda es el invierno, ya que se dispone de un tiempo prolongado para realizarla y se evita posibles ingresos de patógenos a través de las heridas. La mayor desventaja de realizarla durante el invierno es la emisión de rebrotes, conocidos como "ramas chuponas". En estudios realizados por Casaubon *et al.* (2005) en el Delta del Paraná, y Davel y Arquero (2015) en los valles de Patagonia Norte, se observó que las podas realizadas en primavera o verano aceleran la cicatrización y disminuyen la emisión de ramas chuponas. En caso de realizarse en estas estaciones del año, se recomienda desinfectar las herramientas para evitar el contagio ante la eventual presencia de patógenos (ej. *Septoria musiva*).



Figura 5. Poda de limpieza de fuste con plataforma en macizo de álamos euroamericanos Guardi (izquierda) y detalle del corte realizado con la motosierra con pértiga extensible (derecha)



Figura 6. Macizo de álamos euroamericanos Guardi (6 m x 3 m) con poda de limpieza de fuste realizada hasta 5-6 m de altura

Raleo

El raleo consiste en la disminución de la densidad de la forestación mediante la extracción de algunos árboles para minimizar la competencia por los recursos y maximizar el crecimiento individual de los árboles remanentes que serán cosechados al final del turno. El momento y la intensidad de los raleos dependerán de la densidad de plantación y del objetivo de producción. La respuesta del crecimiento de los árboles remanentes aumenta a mayores intensidades de raleo (Fernández Tschieder *et al.*, 2011).

La cosecha de una proporción de árboles a una edad intermedia del ciclo forestal permite obtener ingresos económicos por la venta de postes y rollizos de diámetros menores (20 a 30 cm) con destino a la industria del aserrado. En la región de los valles existe un mercado de postes tratados con sulfato de cobre, que se utilizan para las estructuras de conducción de los montes frutales (Thomas y Ortiz, 2021).

Mediante raleos en momentos intermedios del ciclo forestal se busca producir árboles de mayores diámetros al momento de la cosecha, de los que se obtendrán rollizos destinados a la industria del debobinado para la elaboración de tableros compensados, y a la industria del aserrado para la fabricación de productos de calidad (Figura 7).



Figura 7. Raleo sistemático en macizo de álamos euroamericanos Guardi

Turno forestal y aprovechamiento de la madera

En la región de los valles, el turno para la producción de madera de calidad varía entre 12 y 15 años, pudiendo cosecharse aproximadamente entre 250 y 300 toneladas dependiendo de la calidad del sitio y del manejo silvícola realizado (Thomas, 2015). También es posible plantear objetivos de más corto plazo como la producción de postes en turnos de 6 a 8 años.

No existe en la región maquinaria forestal como las cosechadoras (*harvesters*), los autocargadores o los arrastradores (*skidders*) que permiten realizar el aprovechamiento de la madera en forma mecanizada. El aprovechamiento se realiza en forma manual, mediante el apeo, desrame y trozado de los árboles con motosierra. Luego, los rollizos son cargados en el camión mediante una pala cargadora o un tractoelevador, y acomodados en forma manual para ser trasladados a la industria.

Sistemas agroforestales en los valles de Patagonia Norte

Las forestaciones en macizos generalmente tienen como objetivo producir madera de calidad, y según el marco de plantación (densidad) es posible la consociación con cultivos agrícolas en sistemas agrosilvícolas desde el inicio del ciclo forestal, y con ganadería en sistemas silvopastoriles durante los años restantes (Figura 8).

El diseño de los sistemas agroforestales debe estar en concordancia con los objetivos productivos a corto, mediano y largo plazo de cada uno de los componentes -agrícola, ganadero y forestal- (Esquivel, 2017). Por lo tanto, habrá modelos que prioricen la producción agrícola y ganadera, en los cuales la densidad del componente forestal será más baja (200 a 350 árboles/ha), y otros modelos con densidades iniciales mayores (400 a 650 árboles/ha) en los que se priorice la producción forestal, obteniéndose a mediano plazo postes y/o rollizos de diámetros menores para aserrado a través de raleos, y rollizos de diámetros mayores en la cosecha final.



Figura 8. Etapas de los sistemas agroforestales

Sistemas agrosilvícolas

Durante los primeros años de las forestaciones con álamos y sauces bajo riego es posible producir forraje para henificar, en forma de rollos o fardos, de pasturas perennes puras (alfalfa u otras) o polifíticas (mezclas con alfalfa, tréboles, raigrás, festuca u otras); y también de pasturas anuales con cebada, avena, centeno, triticale, puras o consociadas con vicia -en otoño-invierno, verdeos de invierno-, o con sorgo, mijo, moha -en primavera-verano, verdeos de verano-. También es posible producir granos (maíz, sorgo, cebada, avena, triticale) y hortalizas (zapallo, maíz dulce, cebolla y otras) (Cancio y Thomas, 2012; Thomas, 2015).

En esta primera etapa, la sombra irá aumentando gradualmente debido al incremento del tamaño de los árboles, y proporcionalmente irá disminuyendo el rendimiento de los cultivos en función de su sensibilidad a la falta de luz (Thomas, 2015). Si bien, en general, los rendimientos durante el primer y segundo año no se ven afectados, se dispone de una superficie neta cultivable menor debido al espacio adyacente a las filas de árboles. Según el marco de plantación elegido, es posible realizar estos cultivos durante los primeros años previo a que la sombra comience a limitar la producción. La poda de formación, que se realiza durante esta etapa inicial -2° y 3° año-, favorece el ingreso de luz para el desarrollo de los cultivos (Davel y Arquero, 2015).

No es recomendable que durante este período ingresen animales a pastorear dentro de la forestación ya que, debido a la preferencia por las hojas y brotes tiernos de álamos y sauces, pueden provocarles daños importantes (Casaubon, 2013). Eventualmente, en plantaciones con distancias amplias entre las filas (8 a 12 m), es posible implementar un sistema de pastoreo con alta carga instantánea en los interfilares utilizando alambrado eléctrico, manteniendo los animales alejados de los árboles para evitar daños. En caso de ingresar animales para pastorear, deberá hacerse con ovinos o con categorías livianas de bovinos, como terneros en etapa de recría.

En macizos con marcos de plantación amplios -8 m x 4 m, 10 m x 5 m, 12 m x 4 m o configuraciones similares-, que se corresponden con densidades de 200 a 350 árboles/ha aproximadamente, es posible producir rollos o fardos de alfalfa durante los primeros 5-6 años sin mermas significativas de rendimiento por efecto del sombreado. En cambio, en marcos de plantación intermedios (6 m x 3 m; 8 m x 2 m, 8 m x 3 m o configuraciones similares), que se corresponden con densidades de 400 a 650 árboles/ha aproximadamente, la producción de forraje sufre una merma significativa (del 50 % o más) por efecto del sombreado a partir del tercer o cuarto año (datos propios, no publicados).

La consociación de álamos con alfalfa durante los primeros años en macizos plantados a 6 m x 3 m y 8 m x 3 m ha sido el modelo más elegido al momento de adoptar estos sistemas en los valles de Patagonia Norte (Figura 9). También hubo experiencias de producción de rollos de sorgo en los interfilares de macizos plantados a 8 m x 3 m solamente durante los dos primeros años, ya que es una especie C4 sensible a la disminución de la radiación.

En INTA Alto Valle se instaló en 2009 una parcela demostrativa que incluyó un modelo de plantación tradicional con álamos (A) y dos alternativas agroforestales con cultivos consociados (álamos con alfalfa -A+A- y álamos con cultivos hortícolas -A+H-) en un marco de 6 m x 3 m. En las subparcelas correspondientes al cultivo de álamos consociado con alfalfa se cosecharon fardos durante los primeros tres años; en las correspondientes al cultivo de álamos consociado con hortícolas, se cultivó zapallo anco durante el primer año y maíz dulce durante el segundo y tercer año (Figura 10); y en las correspondientes al cultivo de álamos sin cultivos intercalares se controló la vegetación espontánea mediante desbrozado. Al cabo de los 3 años de ensayo se observó un mayor crecimiento en el diámetro de los álamos en los sistemas agroforestales (A+A y A+H) respecto del cultivo tradicional (A) (Thomas *et al.*, 2013; Thomas *et al.*, 2017).

La utilización del espacio interfilare para la agricultura permite aprovechar de manera más eficiente el suelo y el agua de riego disponible, generando ingresos durante los primeros años del ciclo forestal. Además, las labores culturales que demandan los cultivos agrícolas muestran un efecto benéfico sobre el crecimiento inicial de los árboles. Por lo tanto, esta integración de actividades brinda beneficios productivos y económico-financieros.



Figura 9. Macizo de álamos euroamericanos Guardi (8 m x 3 m) de 2 años de edad consociado con alfalfa



Figura 10. Macizo de álamos euroamericanos Guardi (6 m x 3 m) de 3 años de edad consociado con maíz dulce (izquierda) y sin cultivo intercalar (derecha)

Sistemas silvopastoriles

A medida que los árboles crecen, aumenta progresivamente el tamaño de la copa reduciendo el ingreso de radiación solar al estrato herbáceo (Thomas, 2015). Cuando la cantidad de radiación limita la producción de cultivos altamente demandantes (heliófilos), es posible implantar pasturas con especies tolerantes a la sombra (umbrófilas) para la producción de forraje durante el resto del ciclo forestal. En este momento se produce la transición de un sistema agrosilvícola a uno silvopastoril.

La cantidad de radiación solar que llega al suelo está en función principalmente de la edad y la densidad de plantación, de la distribución espacial de los árboles para una misma densidad y de la orientación de las filas respecto a la trayectoria diaria del sol (Acciaresi *et al.*, 1993; Douglas *et al.*, 2006). Además, la forma de la copa de los árboles y la cantidad y distribución de ramas tiene gran influencia en la intercepción lumínica. En ese sentido, la elección de clones de álamo y sauce con copas estrechas y menor cantidad de ramas favorece el ingreso de radiación para ser aprovechado por las especies forrajeras. A partir de evaluaciones de nuevos clones en la región se observó un muy buen desempeño del álamo híbrido (*Populus xcanadensis*) 'Ragonese 22 INTA' y de los sauces híbridos (*Salix matsudana* x *S. alba*) 'Los Arroyos INTA-CIEF' y 'Agronales INTA-CIEF', que desarrollan copas estrechas y resultan adecuados para la implementación de sistemas silvopastoriles (Thomas y Cerrillo, 2014; Thomas y Garcés, 2014).

La siembra de las pasturas umbrófilas se debe realizar cuando los niveles de radiación solar que ingresan a través del dosel son mayores a los que esas especies pueden tolerar una vez implantadas. Evaluaciones regionales realizadas en macizos de álamos indican que la implantación de pasturas con especies tolerantes a la sombra debe realizarse cuando el ingreso de luz a través del dosel es de aproximadamente el 50-60 % del total de radiación incidente (datos propios, no publicados). Ese momento oportuno se corresponde con el cuarto o quinto año de forestaciones con álamos o sauces implantadas a las densidades utilizadas actualmente (280 a 555 árboles/ha), pudiendo variar sensiblemente según los marcos de plantación utilizados y la orientación de las filas. Una vez implantadas, estas especies se irán adaptando a la disminución progresiva de la cantidad de luz disponible, y por lo tanto variará la producción forrajera hasta el final del ciclo forestal.

Si bien el momento del año adecuado para la siembra de pasturas perennes en regiones templadas-frías es a fines del verano, las hojas de álamos y sauces que caen en el otoño pueden constituir un impedimento físico durante la implantación. Una alternativa para evitar este inconveniente es realizar siembras durante la primavera. Las especies forrajeras de clima templado-frío que mejor se adaptan a la restricción lumínica propia de estos sistemas silvopastoriles son: pasto ovillo (*Dactylis glomerata*), festuca (*Festuca arundinacea*), trébol blanco (*Trifolium repens*) y trébol rojo (*Trifolium pratense*) (Cancio *et al.*, 2013; Rodríguez *et al.*, 2013). Estas especies son utilizadas como pasturas consociadas para la producción ganadera (principalmente bovina y ovina).

En base a evaluaciones realizadas por el INTA Alto Valle, en macizos con densidades intermedias (400 a 555 árboles/ha) es posible disponer a partir del quinto o sexto año entre 2.000 y 3.500 kgMS/ha/año de forraje de pasturas puras (festuca, pasto ovillo) o mixtas (festuca-tréboles, pasto ovillo-tréboles), concentrado mayormente en primavera-verano. (Cancio *et al.*, 2013; datos propios, no publicados). La calidad del forraje varía según las especies implantadas, aportando diferentes valores de fibra y proteína bruta (PB). Pasturas mixtas con pasto ovillo y trébol blanco bajo dosel proveen forraje de calidad, con valores de alrededor del 15 % (14,2 % a 16,5 %) de proteína (PB) y del 67 % (63,4 a 68,8 %) de digestibilidad de la materia seca (DMS) (Thomas *et al.*, 2016).

Importancia de la poda y raleo en los sistemas agroforestales

El ingreso de radiación a través del dosel varía principalmente en función de la edad de los árboles, de la densidad y su distribución espacial, de la forma de sus copas (cantidad, grosor y ángulo de inserción de las ramas) y del tamaño de las hojas. A través del manejo silvícola puede incrementarse el ingreso de radiación mediante la disminución de la densidad a través de raleos, y de la cantidad de ramas a través de las podas (Esquivel, 2017). Acciaresi *et al.* (1993) observaron una disminución del 80 % de la producción forrajera en primavera de una pastura mixta (*Bromus unioloides*, *Lolium multiflorum* y *Dactylis glomerata*) bajo dosel de álamos deltoides de 6 años de edad con una densidad de 625 árboles/ha, concluyendo que es necesario ralear para favorecer el ingreso de radiación solar. Cancio *et al.* (2016) evaluaron la producción de alfalfa en dos niveles lumínicos instalando simuladores de cobertura arbórea (50 % de restricción lumínica) en un macizo de álamo híbrido I-488 de 13 años de edad con una densidad de 140 árboles/ha (12 m x 6 m). Se obtuvieron un total de 4.940 kgMS/ha de forraje en el tratamiento con mayor ingreso de radiación solar (32,3 % de transmisividad -12 m x 6 m- y 2.408 kgMS/ha de forraje debajo de los simuladores de cobertura (16,2 % de transmisividad -simulando 6 m x 6 m-). Thomas *et al.* (2012) evaluaron la producción de verdeos invernales en un macizo de álamos híbridos euroamericanos I-488 raleado a los 14 años de edad, con una densidad final de 140 árboles/ha. Se sembraron dos consociaciones: C1: triticale (*X Triticosecale*) y vicia (*Vicia sativa*), y C2: avena (*Avena sativa*), cebada (*Hordeum vulgare*) y vicia (*Vicia sativa*), en callejones de 12 m de ancho, y se obtuvieron 1.968 kgMS/ha para la consociación de triticale y vicia, y 2.445 kgMS/ha para la consociación de avena, cebada y vicia (Figura 11).

Estos resultados de experiencias regionales permiten inferir que el raleo en sistemas silvopastoriles con álamos y sauces, a partir del cual se logra moderar la restricción lumínica, es posible producir forraje a partir de pasturas puras o consociadas.



Figura 11. Verdeo de invierno consociado (triticale y vicia) en un macizo de álamos euroamericanos I-488 raleado a los 13 años de edad (6 m x 6 m a 12 m x 6 m)

Utilización de las hojas de álamos y sauces como forraje

Existen experiencias sobre el uso de las hojas de álamos y sauces en verde como suplemento alimenticio para el ganado ovino y bovino en épocas de sequía (McWilliam *et al.*, 2005; Moore *et al.*, 2003). El aprovechamiento de las hojas en verde como forraje se puede realizar de diferentes formas. Una de ellas es a través de las podas, de formación o de limpieza de fuste, realizada en los macizos durante la primavera o verano (Davel y Arquero, 2015). Las hojas de las ramas podadas pueden ser consumidas por el ganado, resultando un excelente complemento forrajero (Casaubon, 2013).

La cantidad de forraje de hojas por unidad de superficie que puede producir un macizo varía según la edad de los árboles, la densidad de plantación, la fertilidad del suelo y el manejo silvícola (podas, riegos, fertilización). Estimaciones realizadas en Nueva Zelanda cosechando ramas con hojas (*pollarding*) de álamos y sauces de entre 5 y 10 años de edad, indican que pueden producir más de 22 kg MS de hojas por árbol, y en árboles de mayor edad la producción puede alcanzar los 60 kg MS/árbol. Las hojas de álamo y sauces en verde tienen valores altos de digestibilidad (DMS) y proteína bruta (PB). Análisis realizados en Nueva Zelanda muestran que las hojas de álamo poseen 65-70 % de digestibilidad y aproximadamente 15 % de proteína bruta en primavera-verano (New Zealand Poplar & Willow Research Trust, 2016). En el Delta del Paraná se estudió el valor nutritivo de las hojas de álamos y sauces provenientes de la poda en diferentes momentos del ciclo vegetativo. En el caso de álamos, a pesar de las variaciones encontradas en los valores nutricionales según las diferentes épocas de poda, la digestibilidad fue mayor al 59 % (62 ± 3 %) y la proteína bruta mayor al 13 % ($15,7 \pm 2,4$ %) (Tabla 1, Casaubon, 2013). En el caso de sauces, también se observaron diferencias según el momento, con valores de 26,7 % de proteína bruta y 65,9 % de digestibilidad en primavera (Casaubon *et al.*, 2017). Estos valores indican que la calidad forrajera de las hojas permite su utilización estratégica en planteos ganaderos de cría en momentos de mayor requerimiento nutricional.

Tabla 1. Valores promedios (\pm desvío estándar) de materia seca (MS), fibra detergente ácido (FDA), digestibilidad estimada (DE), fibra detergente neutro (FDN) y proteína bruta (PB) expresados en porcentaje (%) en hojas de *Populus deltoides* 'Australiano 106/60' originados de guías durante el período vegetativo 2009/10. Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre meses (Casaubon, 2013).

Mes	MS %	FDA %	DE %	FDN %	PB %
Octubre	20,1 \pm 2,5a	32,3 \pm 5,0a	63,7 \pm 3,9b	50,9 \pm 5,8ab	30,2 \pm 2,0a
Diciembre	36,5 \pm 1,0b	27,6 \pm 3,3b	67,3 \pm 2,6a	48,7 \pm 2,6b	15,7 \pm 2,4b
Marzo	42,3 \pm 1,0c	34,5 \pm 3,8a	62,0 \pm 3,0b	53,3 \pm 2,4a	16,5 \pm 2,0b

También es posible aprovechar las hojas caídas en otoño como forraje para rumiantes. Según evaluaciones regionales, a partir del cuarto o quinto año se dispone de aproximadamente 4.500 a 6.000 kgMS/ha/año de hojas según la densidad del macizo forestal. Si bien la calidad forrajera de las hojas en otoño es baja debido a su escasa digestibilidad (DMS: 55-58 %) y bajo contenido de proteína bruta (PB: 5-6 %), constituye un recurso forrajero del sistema que puede ser aprovechado estratégicamente (Cancio *et al.*, 2013; Cancio y Thomas, 2018) (Figura 12).

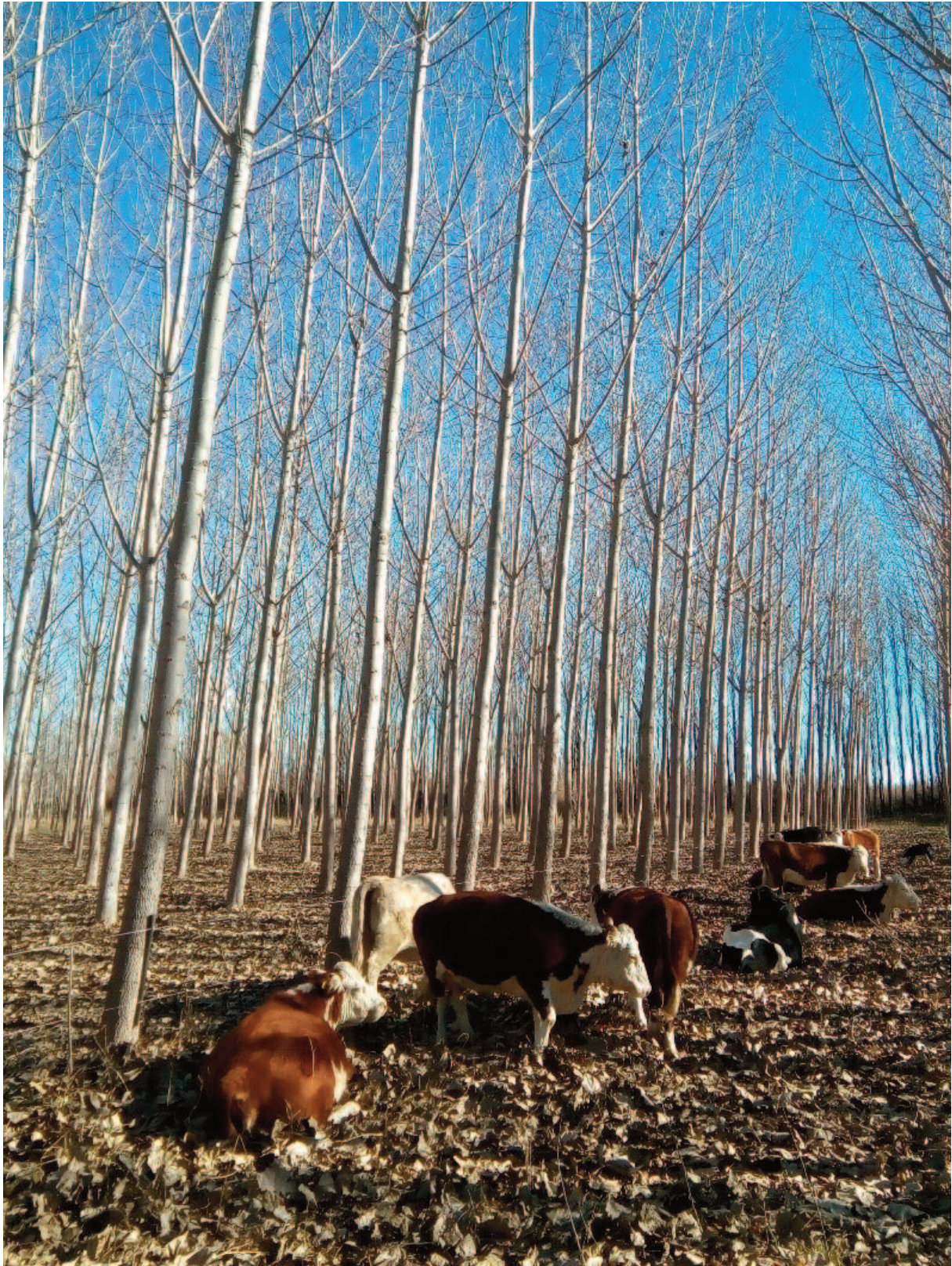


Figura 12. Utilización de hojas de álamo caídas en otoño como forraje para ganado vacuno

Se evaluó además el consumo a corral de hojas caídas en otoño por ovejas de refugio a corral, reemplazando pellets de alfalfa, como alimento base, por proporciones crecientes (25-50-75 %) de hojas de álamo (Figura 13). Se observó que no hubo pérdidas de peso vivo cuando los reemplazos fueron de hasta el 50 %, incluso con leve aumento de peso cuando solo se reemplazó el 25 % por hojas de álamo, constituyendo un recurso forrajero gratuito y de fácil disponibilidad para esquemas de producción familiar (Jockers *et al.*, 2019).



Figura 13. Utilización de hojas de álamo caídas en otoño como forraje para ganado ovino en corrales

Modelos agroforestales para los valles irrigados de Patagonia Norte

En base a los resultados de investigaciones realizadas por el INTA Alto Valle y a experiencias de productores, es posible sugerir modelos de sistemas agroforestales con álamos y sauces bajo riego que respondan a objetivos productivos en diferentes momentos del ciclo forestal.

Algunos modelos agroforestales que se proponen para la región se basan en la implantación de macizos con distanciamientos amplios (8 a 12 m entre filas y 4 a 6 m entre plantas dentro de las filas), correspondientes a densidades bajas (150 a 350 árboles/ha), o con distanciamientos menos amplios (6 a 8 m entre filas y 3 a 4 m entre plantas dentro de las filas) correspondientes a densidades intermedias (350 a 650 árboles/ha). La disponibilidad de agua de riego permite producir durante los primeros años, en los interfilares de esos macizos, fardos o rollos de alfalfa, granos o ensilado de planta entera de maíz, rollos de sorgo u otras forrajeras anuales (moha, mijo, centeno, cebada, avena, triticale, vicia, etc.) y diferentes productos hortícolas (Figuras 14 y 15). Según los cultivos asociados elegidos, es factible realizar dos cultivos por año en forma secuencial, como por ejemplo verdeos de invierno y verdeos de verano, o verdeos de invierno y cultivos hortícolas de primavera-verano (Thomas y Cancio, 2012; Thomas *et al.*, 2013; Thomas *et al.*, 2017).

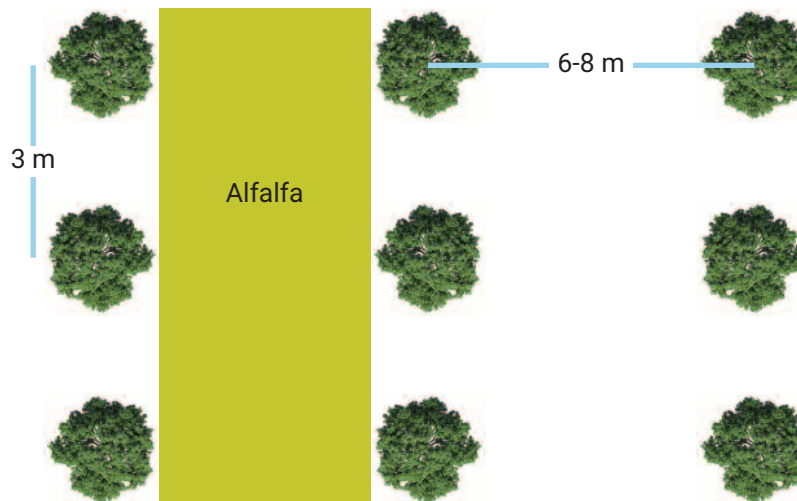


Figura 14. Esquema de modelo agroforestal consociando álamos o sauces con alfalfa para producción de rollos o fardos



Figura 15. Esquema de modelo agroforestal consociando álamos o sauces con maíz para producción de granos o silaje de planta entera

Durante esta etapa no deben ingresar animales a la forestación debido a que las hojas, tallos tiernos y corteza de álamos y sauces son apetecibles, y podrían provocar daños irremediables en los árboles (Casaubon, 2013; Thomas, 2015). Luego de esta etapa inicial y antes de que los niveles de luz sean limitantes para su implantación, se puede realizar la siembra de pasturas perennes, puras o consociadas, con festuca, pasto ovillo y tréboles, o verdeos invernales con avena, cebada, triticale y vicia para el pastoreo directo de los animales (Thomas *et al.*, 2012; Cancio *et al.*, 2013). En el caso de los macizos con densidades iniciales intermedias (350 a 650 árboles/ha) deberá realizarse un raleo con el fin de favorecer el ingreso de luz y permitir la implantación de las pasturas tolerantes a la sombra (umbrófilas).

Una vez implantadas las pasturas, cuando los árboles alcanzan aproximadamente 10-12 cm de DAP, es posible ingresar los animales a la forestación. En este momento, la producción de forraje se ve disminuida debido a la reducción de radiación que ingresa a través del dosel, generándose además ciertos efectos sobre el estrato herbáceo como cambios en la velocidad de rebrote, cambios en las características morfológicas de las plantas y disminución de la tasa de acumulación de materia seca, lo que provoca una mayor fragilidad del componente forrajero en comparación con la producción forrajera a cielo abierto. Debido a esto y a que las especies que prosperan con menor radiación son las gramíneas perennes, se deben diagramar con mayor cuidado los momentos de pastoreo. Por lo general, el aprovechamiento del forraje se debe realizar con categorías de menores requerimientos, generalmente vacas de cría o animales livianos en etapa de recria. En estos sistemas se contempla el aprovechamiento forrajero de las hojas del componente forestal además de lo producido por el estrato herbáceo. La utilización de las hojas puede realizarse a través de las podas aprovechando las hojas en verde durante la temporada de crecimiento, o durante el periodo en que caen al suelo cuando finaliza la temporada de crecimiento.

Una alternativa es la implementación de sistemas silvopastoriles con planteos ganaderos de cría vacuna u ovina, en los cuales ingresan vacas u ovejas a pastorear debajo de la forestación. En este caso, la venta de terneros y corderos generará ingresos económicos desde aproximadamente el cuarto o quinto año y hasta la cosecha final. La carga animal se deberá ajustar en función de la reducción gradual de la oferta forrajera bajo dosel a través de los años producto de la disminución del ingreso de radiación.

En función de la oferta forrajera a lo largo del año, es posible planificar un pastoreo a fines de primavera para consumir el forraje acumulado en invierno y primavera, y otro pastoreo a fines del otoño que permita consumir el forraje acumulado en verano y otoño, sumando el aporte forrajero de las hojas de álamos y sauces caídas en esta estación del año (Cancio *et al.*, 2013; Cancio y Thomas, 2018).

La elección de los clones de álamo o sauce estará en función, entre otros aspectos, de los objetivos productivos planteados durante el ciclo forestal. En estos modelos normalmente se planifica utilizar un solo clon de álamo o sauce, cuya elección estará en función de las características del sitio a forestar y del tipo de rollizos demandados por las diferentes industrias regionales. Una alternativa es combinar dos o más clones que permita cumplir con más de un objetivo a lo largo del ciclo forestal. Por ejemplo, se pueden intercalar dentro de las filas individuos de álamos híbridos euroamericanos (Conti 12, Guardi, I-214, Ragonese 22 INTA, Triplo) e individuos de álamo Blanc de Garonne, con el objetivo de ralear los álamos Blanc de Garonne para obtener postes y permitir el crecimiento de los álamos híbridos para obtener madera rolliza en la cosecha final (Figura 16).

La factibilidad técnica de cada cultivo consociado y del planteo ganadero en los diferentes momentos del ciclo forestal estará en función de la densidad de plantación inicial, de la planificación de las podas y eventuales raleos, y de la tolerancia a la sombra de cada cultivo en particular.

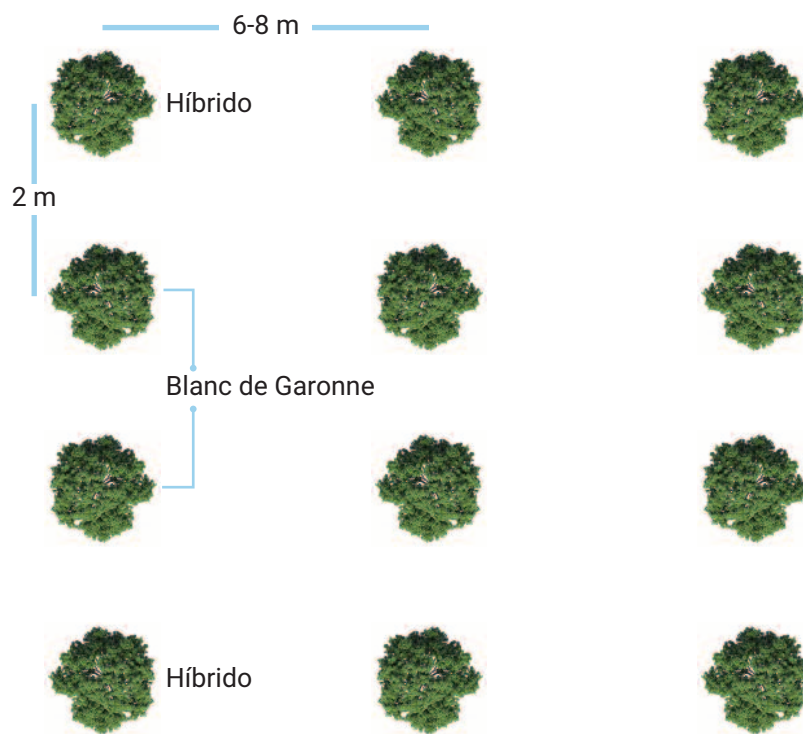


Figura 16. Esquema de modelo agroforestal combinando clones de álamos híbridos euroamericanos y álamos Blanc de Garonne

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acciaressi H.A.; Marlats, R.M.; Marquina J. 1993. Sistemas Silvopastoriles: incidencia de la radiación fotosintéticamente activa sobre la fenología y la producción estacional forrajera. *Invest. Agr., Sist. Recur. For.* Vol.2 (1), pp.19-30.
- Amico I. 2006. Viverización y cultivo de álamos y sauces en el noroeste de Chubut. Ediciones INTA. Bs As. 52 pp.
- Bava J. 2017. Inventario nacional de plantaciones forestales. Inventario de plantaciones forestales bajo riego. Región Patagonia.
- Callaway R.M.; Walker L.R. 1997. Competition and facilitation: a synthetic approach to interactions in plant communities. *Ecology* 78: 1958-1965.
- Cancio H.; Thomas E. 2011. Utilización de una barreta hidráulica para la plantación de guías de álamos en los valles irrigados de Patagonia Norte. Tercer Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina. Neuquén, 16 al 19 de marzo de 2011.
- Cancio H.; Thomas E. 2012. Producción de triticale en un sistema agroforestal con álamos bajo riego. 2° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Santiago del Estero, 9 al 11 de mayo de 2012.
- Cancio H.; Thomas E. 2018. Utilización de hojas de álamo (*Populus xcanadensis* Moench.) como recurso forrajero en sistemas silvopastoriles. 41° Congreso Argentino de Producción Animal. Mar del Plata, 16 al 19 de octubre de 2018.
- Cancio H.; Thomas E.; Caballé G. 2016. Producción de alfalfa en dos niveles lumínicos en un sistema silvopastoril con álamos euroamericanos. III Congreso Internacional Agroforestal Patagónico. Puerto Natales, Chile, 14 al 16 de diciembre de 2016.
- Cancio H.; Thomas E.; Montero E. 2013. Disponibilidad de forraje de *Dactylis glomerata* en otoño en sistemas silvopastoriles con álamos híbridos. II Jornadas Forestales de Patagonia Sur - 2° Congreso Internacional Agroforestal Patagónico. El Calafate (Santa Cruz), 16 al 18 de mayo de 2013.
- Casaubon E. 2013. Establecimiento de Sistemas Silvopastoriles. Efecto de la edad del material de multiplicación y manejo del pastoreo con bovinos. M.Sc. thesis. Escuela para Graduados Ing. Agr. Alberto Soriano. Facultad de Agronomía. Buenos Aires. Argentina.
- Casaubon E., Casado, M.; Gurini L.; Cerrillo T.; Corvalan G.; Gamieta I.; Fernández M.; Ravalli J. 2017. Valor forrajero de hojas de sauce (*Salix* spp.) y del pastizal natural en el Delta del Paraná. 40° Congreso Argentino de Producción Animal. Córdoba, 6 al 9 de noviembre de 2017.
- Casaubon E.; Cueto G.; González A.; Spagarino C.; S. Ortiz. 2005. Resultados preliminares de dos ensayos orientativos de épocas de poda en *Populus deltoides* cv. Stoneville 67 en el bajo delta bonaerense del Río Paraná. III Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Corrientes, septiembre de 2005.
- Casaubon E.; Peri P.; Cornaglia P.; Carou N.; Cueto G. 2012. Valor forrajero de hojas de álamo en el bajo delta del Río Paraná. Segundo Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Santiago del Estero. Argentina. ISBN 978-987-679-123-6.
- Cortizo S.; Cerrillo T.; Thomas E.; Monteverde S. 2016. Subprograma Salicáceas (*Salix* y *Populus*). *En Libro: Domesticación y Mejoramiento de Especies Forestales*. Martín A. Marcó et al. Componente Plantaciones Forestales Sustentables del Proyecto de Manejo Sustentable de Recursos Naturales BIRF 7520. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ministerio de Agroindustria. Unidad para el Cambio Rural (UCAR). 10 422 pp.
- Davel M.; Arquero D. 2015. Evaluación de la intensidad de poda en plantaciones de álamos en Patagonia Norte. *Revista Patagonia Forestal*, junio 2015. CIEFAP.
- Douglas G.B.; A.S. Walcroft; S.E. Hurst; J.F. Potter; A.G. Foote; L.E. Fung; W.R.N. Edwards; C. van den Dijssel. 2006. Interactions between widely spaced young poplars (*Populus* spp.) and introduced pasture mixtures. *Agroforestry Systems*, vol. 66, no. 2, pp. 165-178.
- Esquivel, J. 2017. Sistemas silvopastoriles: un aporte a la ganadería carbono neutro. XXXI Jornadas Forestales de Entre Ríos. Concordia, 5 y 6 de octubre de 2017.
- FAO. 1980. Los álamos y los sauces. Colección FAO: Montes N°10. Roma. 349 p.
- Fernández Tschieder E.; Borodowski E.D.; García Cortés M.; Signorelli A. 2011. Efecto de la intensidad de raleo sobre el crecimiento de *Populus deltoides*. Tercer Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina. Neuquén, 18 al 21 de marzo de 2011.
- García J.; Aguerre, M.; Denegri G.; Acciaresi G. 2017. Aplicación del sistema de valor a la planificación del desarrollo de las cadenas forestoindustriales de álamos ubicadas en el norte de la Patagonia argentina. *Revista DELOS. Desarrollo Local Sostenible*; vol. 10, N°29, 16 p.
- García J.; Serventi N. 2006. Situación actual y perspectivas del cultivo de Salicáceas bajo riego en Patagonia. *Disertación. Jornadas de Salicáceas 2006*. Buenos Aires, 28 a 30 de septiembre de 2006.
- García-Barrios, L.; Ong, C.K. 2004. Ecological interactions, management lesson and design tools in tropical agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, 61: 221-236.
- Gordon A.M.; Newman S.M.; Williams P.A. 1997. Temperate Agroforestry: An Overview. Pp. 1-8 en Gordon M.A. y Newman S.M. (eds). *Temperate Agroforestry Systems*. CAB International, New York, USA.
- Gyenge J.; Fernández M.E.; Schlichter T.M. 2010. Effect of stand density and pruning on growth of ponderosa pines in NW Patagonia, Argentina. *Agroforestry Systems* 78(3): 233-241. DOI: 10.1007/s10457-009-9240-z.
- Harper J.L. 1990. Population biology of plants. Academic Press, London, UK, 892 pp.
- Holmes, M.G. 1981. Spectral distribution of radiation within plant canopies. Pp. 147-158 en Smith H. (ed). *Plants and the daylight spectrum*. London, Academic Press, UK.
- Holmgren M., Scheffer M.; Huston M.A. 1997. The interplay of facilitation and competition in plant communities. *Ecology*, 78 (7): 1966-1975.
- Jockers E.; Ortiz S.; Thomas E.; Escobar G. 2019. Utilización de hojas de álamo en la alimentación de ovejas de refugio durante el otoño-invierno en el Alto valle de Río Negro. V Congreso del Foro de Universidades Nacionales para la Agricultura Familiar. Cinco Saltos, 15 y 16 de mayo de 2019.

- Jose, S., Gillespie, A.R., Seifert, J.R. 2000. Defining competition vectors in a temperate alley cropping system in the midwestern USA: 2. Competition for water. *Agroforestry Systems* 48, 41-59.
- Lassig J.; Palese C. 2011. Cortinas forestales: nuevos aspectos fluodinámicos. *Disertación. Tercer Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina. Neuquén, 18 al 21 de marzo de 2011.*
- Lefroy, E.C.; Hobbs, R.J.; O'connor, M.H.; Pate, J.S. 1999. What can agriculture learn from natural ecosystems? *Agroforestry Systems*, 45, 425-438.
- McWilliam E.L.; Barry T.N.; Lopez-Villalobos N.; Cameron P.N.; Kemp P.D. 2005. Effects of willow (*Salix*) versus poplar (*Populus*) supplementation on the reproductive performance of ewes grazing low quality drought pasture during mating. *Animal Feed Science and Technology* 119, 69–86.
- Montero E.; Thomas E. 2017. Evaluación de clones de *Populus deltoides* en forestaciones con riego por goteo en la meseta de Río Negro. Artículo de divulgación. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_evaluacion-de-clones-de-populus-deltoides-en-forestaciones-con-riego-por-goteo.pdf
- Montero, E.; Thomas, E.; Ortiz, S.; Cerrillo, T. 2017. Crecimiento de nuevos sauces en suelos salino-sódicos de los valles irrigados del norte de la Patagonia Argentina. V Congreso Internacional de Salicáceas. Talca, República de Chile, 13 al 17 de noviembre de 2017.
- Moore, K.M.; Barry, T.N.; Cameron, P.N.; Lopez-Villalobos, N.; Cameron, D.J. 2003. Willow (*Salix* sp.) as a supplement for grazing cattle under drought conditions. *Animal Feed Science and Technology* 104, 1-11.
- Musi Saluj, C. 2018. Caracterización climática del Valle Inferior del río Negro. INTA Valle Inferior de Río Negro. https://inta.gob.ar/sites/default/files/informe_climatologico_valle_inferior.pdf
- New Zealand Poplar & Willow Research Trust. 2016. Poplar and willows as fodder. The benefits from pollarding poplars and willows to provide fodder. Fact sheet N°02 <https://beeflambnz.com/knowledge-hub/PDF/poplars-and-willows-fodder>
- Nolting, J. 2001. Agroforestería. *Revista Rompecabezas tecnológico* N° 30. INTA - EEA Alto Valle.
- Peri, P. 2011. Cortinas cortaviento en Patagonia sur: Revisión del conocimiento actual. *Disertación. Tercer Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina. Neuquén, 18 al 21 de marzo de 2011.*
- Pincemin, J.M.; Monlezun, S.J.; Zunino, H.; Cornaglia, P.S.; Borodowski E. 2007. Sistemas Silvopastoriles en el Delta del Río Paraná: Producción de materia seca y estructura de gramíneas templadas bajo álamos. XX Reunión ALPA - XXX Reunión APPA. Cusco, Perú.
- Richards, J.H. y Caldwell, M.M. 1987. Hydraulic lift: Substantial nocturnal water transport between soil layers by *Artemisia tridentata* roots. *Oecologia*, 73:486-489.
- Rodríguez A.; Cancio H.; Montero E.; Thomas E. 2013. Acumulación térmica y emergencia de especies forrajeras bajo dosel de álamos bajo riego. II Jornadas Forestales de Patagonia Sur - 2º Congreso Internacional Agroforestal Patagónico. El Calafate (Santa Cruz), 16 al 18 de mayo de 2013.
- Rodríguez, A.; Muñoz, A. 2006. Síntesis Agrometeorológica para el período 1990-2004. EEA Alto Valle. Ed. INTA. Boletín Divulgación Técnica n° 53, 38 p.
- Serventi, N. 2011. Las cortinas forestales en los valles irrigados de Norpatagonia. *Disertación. Tercer Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina. Neuquén, 18 al 21 de marzo de 2011.*
- Tassara, M. 2005. Defensa contra heladas. *Revista Fruticultura y Diversificación* N°45, pp.20-28. EEA Alto Valle. Ed. INTA.
- Thomas, E. 2015. Cultivo de álamos y sauces. Plantación de cortinas rompevientos y macizos. Cartilla. EEA Alto Valle. Ed. INTA..
- Thomas E.; Cancio H.; Boetto C.; Caballé G. 2016. Valor nutricional de pasto ovillo y trébol blanco en sistemas silvopastoriles con álamos y sauces. V Jornadas Forestales Patagónicas - III Jornadas Forestales de Patagonia Sur. Esquel, 9 al 13 de noviembre de 2016.
- Thomas, E.; Cancio, H.; Menni, F. 2013. Influencia de cultivos asociados sobre el crecimiento de álamos en sistemas agroforestales bajo riego. II Jornadas Forestales de Patagonia Sur - 2º Congreso Internacional Agroforestal Patagónico. El Calafate (Santa Cruz), 16 al 18 de mayo de 2013.
- Thomas, E.; Cancio, H.; Ortiz, S.; Menni, F. 2017. Influencia de los cultivos agrícolas consociados sobre el crecimiento de álamos en sistemas agroforestales bajo riego. V Congreso Internacional de Salicáceas. Talca, República de Chile, 13 al 17 de noviembre de 2017.
- Thomas, E.; Cancio, H.; Rodríguez, A. 2012. Verdeo invernal en un sistema silvopastoril con álamos bajo riego. 2º Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Santiago del Estero, 9 al 11 de mayo de 2012.
- Thomas, E.; Cerrillo, T. 2014. Evaluación preliminar de nuevos clones de sauce en la región Norpatagónica. IV Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina. La Plata, 19 al 21 de marzo de 2014.
- Thomas, E.; Cortizo, S. 2014a. Evaluación de clones de *Populus deltoides* en el Alto Valle de Río Negro. Jornadas de Salicáceas 2014. La Plata, 18 al 21 de marzo de 2014.
- Thomas, E.; Cortizo, S. 2014b. Nuevos genotipos de *Populus* permitirán aumentar la disponibilidad de clones para forestar en los valles del norte de la Patagonia. IV Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina. La Plata, 18 al 21 de marzo de 2014.
- Thomas, E.; Ferrere, P. 2019. Estrés calórico: beneficios de los árboles en los sistemas ganaderos. *Revista Fruticultura & Diversificación* N° 83. Ediciones INTA - EEA Alto Valle.
- Thomas, E.; Garcés, A. 2014. Evaluación del crecimiento inicial de clones de álamo en el norte de la Patagonia. *Revista de la facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo. Vol. 46 (1): 241-246.*
- Thomas, E.; Ortiz, S. 2021. Blanc de Garonne poplar for treated posts production in North Patagonia, Argentina. 26th Session of International Poplar Commission. Roma, Italy, 5 to 8 november 2021.
- Wilson, J.R.; Ludlow, M.M. 1991. The environment and potential growth of herbage under plantations. Pp. 10-24 en Shelton, H.M. y Stur, W.W. (eds). *Forages for plantation crops. ACIAR Proceedings No. 32, Canberra, Australia.*

**Sistemas agroforestales
con álamos y sauces
en los valles de
Patagonia Norte**



**Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria**
Argentina

CR Patagonia Norte
EEA Alto Valle