



Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales
Universidad Nacional de La Plata



Trabajo Final de Carrera de Ingeniería Forestal
Alumno: BONNIN, Sebastián Martín

Evaluación de madres de *Fraxinus pennsylvanica* Marshall para la producción de
plantines, a partir de su progenie.

Modalidad: Investigación en el campo de las Ciencias Agrarias y Forestales

Directora: Dra. Corina Graciano

Co-director: Ing. Ftal. Fabián Pérez

Fecha de entrega: 1 de marzo de 2017

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
INTRODUCCIÓN.....	4
OBJETIVOS	10
Objetivo general.....	10
Objetivos particulares	10
HIPOTESIS	10
MATERIALES Y MÉTODOS	11
Descripción del Rodal y selección de individuos madres.....	11
Evaluación de las progenies.....	14
<i>Almacenamiento de las semillas</i>	14
<i>Peso de 100 semillas</i>	14
<i>Evaluación de germinación y emergencia</i>	14
<i>Siembra a campo</i>	15
<i>Siembra en speedlings</i>	16
<i>Medición del crecimiento de las progenies</i>	16
<i>Análisis estadístico</i>	16
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
Descripción del Rodal y selección de individuos madres.....	17
Evaluación de las progenies.....	19
<i>Peso promedio de 100 semillas</i>	19
<i>Siembra a campo</i>	26
<i>Medición del crecimiento de las progenies</i>	27
CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES	34
BIBLIOGRAFIA.....	36
ANEXO.....	38

RESUMEN

La Estación Forestal Parque Pereyra Iraola se especializa en la producción de plantas para arbolado urbano. La producción de Fresno americano (*Fraxinus pennsylvanica* Marshall) en el vivero es destinada al arbolado urbano de los municipios de la Provincia de Buenos Aires y se realiza a raíz desnuda. El vivero cuenta con un rodal establecido en 1999 que es la principal fuente de abastecimiento de semillas de fresnos. El objetivo del presente trabajo es brindar información sobre la calidad de las madres del rodal de fresno como proveedoras de semillas para la producción de plantines. Los datos obtenidos de los diferentes ensayos han permitido caracterizar los plantines en función de diferentes variables. A partir del análisis de los datos se asociaron variables que determinan la calidad de un plantín. Se encontró un número importante de madres que producen plantines de menor calidad que el testigo (madre que no pertenece al rodal), por lo que no es recomendable su cosecha para la producción. Por otra parte, plantines proveniente de otro grupo de madres manifestaron una calidad superior al testigo. Estas madres serían las más adecuadas para la obtención de semillas. El presente trabajo aporta información al respecto, pudiendo ser la base para la toma de decisiones para la selección de aquellas madres capaces de abastecer de plantines de calidad y en cantidad. La información generada a partir de estos ensayos, con la continuidad de los estudios y el establecimiento de nuevos ensayos que permitan caracterizar las restantes madres del rodal, conformarían una base de datos más que útil para la toma de decisiones en el vivero.

INTRODUCCIÓN

La Estación Forestal Parque Pereyra Iraola se especializa en la producción de plantas para arbolado urbano. El arbolado urbano es la suma de la masa arbórea y la vegetación asociada, en y alrededor de los asentamientos urbanos, ya sea en pequeñas comunidades rurales como en grandes regiones metropolitanas. El presente Trabajo Final de Carrera surge a partir de la intención de evaluar si diferentes madres de fresno americano (*Fraxinus pennsylvanica* Marshall) presentan diferencias en sus progenies para la producción de plantines, que son destinados al arbolado urbano.

Uno de los componentes estructurantes de la infraestructura verde urbana es el arbolado urbano, que a su vez se diferencia para su gestión en el perteneciente al ámbito privado y el concerniente al arbolado público. En la Provincia de Buenos Aires la Ley 12.276 define en su artículo 1 al arbolado público como: “las especies arbóreas y arbustivas instaladas en lugares del área urbana o rural, municipales y provinciales, sitas en el ejido del Municipio y que están destinadas al uso público, sin tener en cuenta quién y cuándo las hubieren implantado”. Es importante considerar la diferencia entre el ámbito privado y público, siendo este último el territorio de mayor posibilidad de intervención por parte de los municipios y aquellos profesionales que se desempeñan en la temática.

El arbolado urbano brinda un gran número de beneficios para la comunidad, entre los que se pueden nombrar la regulación de las temperaturas, la reducción de la polución atmosférica y la contaminación sonora, y la generación de espacios verdes para la recreación y el esparcimiento. Aporta beneficios que aparte de los estéticos están siendo estudiados como una nueva manera de aumentar la Calidad de Vida (Priego González de Canales, 2002), al mitigar los efectos del cambio climático sobre las urbanizaciones. Teniendo en cuenta estas consideraciones se puede mencionar a la gestión del arbolado urbano como uno de las áreas de gran demanda de profesionales del ámbito forestal y afines.

El fresno americano es una especie perteneciente a la familia Oleaceae originaria de Estados Unidos y el sur de Canadá. Se ha convertido en una de las principales especies utilizadas para forestaciones en el ámbito urbano en la Argentina. Algunas de las características que han permitido que se establezca como tal son: su rápido crecimiento, su copa densa, la adaptabilidad a diversidad de ambientes, bajo riesgo de caída o desrame, no presentar problemas fitosanitarios de relevancia y soportar muy bien prácticas culturales como la poda, ya sea durante su ciclo de producción en

vivero como una vez establecida en la ciudad. Está muy difundida a lo largo del país, evidenciando su viabilidad como especie ornamental en condiciones ambientales variadas. Es una especie que presenta bajos requerimientos nutricionales, lo que le permite establecerse con éxito en el sustrato urbano, generalmente asociado a una baja fertilidad, escasez de agua y factores ambientales alterados por la morfología urbana. *Fraxinus pennsylvanica* Marshall es muy cultivada como ornamental, aunque también se la ha implantado con fines de protección y madereros. La difusión que actualmente tiene este fresno en el arbolado de veredas de distintas ciudades, y algunos problemas de dichas plantaciones como fructificación abundante en ejemplares femeninos e irregularidad en la forma y tamaño de las copas, ofrecen perspectivas para la realización de planes de mejoramiento genético, que puedan aprovechar la facilidad con que este fresno es reproducido vegetativamente y la variabilidad que presenta en su extensa área de distribución (Achinelli y Marlats, 1997).

La Estación Forestal Parque Pereyra Iraola (antiguamente llamado "Vivero Darwin") se ubica en el kilómetro 38 del Camino General Belgrano, Berazategui. Pertenece al Ministerio de Agroindustrias de la Provincia de Buenos Aires y se encuentra bajo la coordinación del Departamento de Servicios Forestales Comunitario. Este vivero cuenta con 3 áreas generales de producción: Salicáceas (*Salix sp.* y *Populus sp.*), ornamentales arbustivas y arbóreas, y plantas para arbolado urbano y periurbano. El Vivero Darwin es uno de los principales viveros de producción de plantas para arbolado urbano de la provincia y abastece entre 30 y 50 municipios por año, con un promedio de 150 plantas por municipio. Produce plantas de *Fraxinus pennsylvanica* Marshall (Fresno americano), *Catalpa sp.* (Catalpa), *Albizia julibrissin* (Acacia de Constantinopla), *Ficus sycomorus* (Sicomoro) y en menor proporción *Tillia sp.* (Tilo).

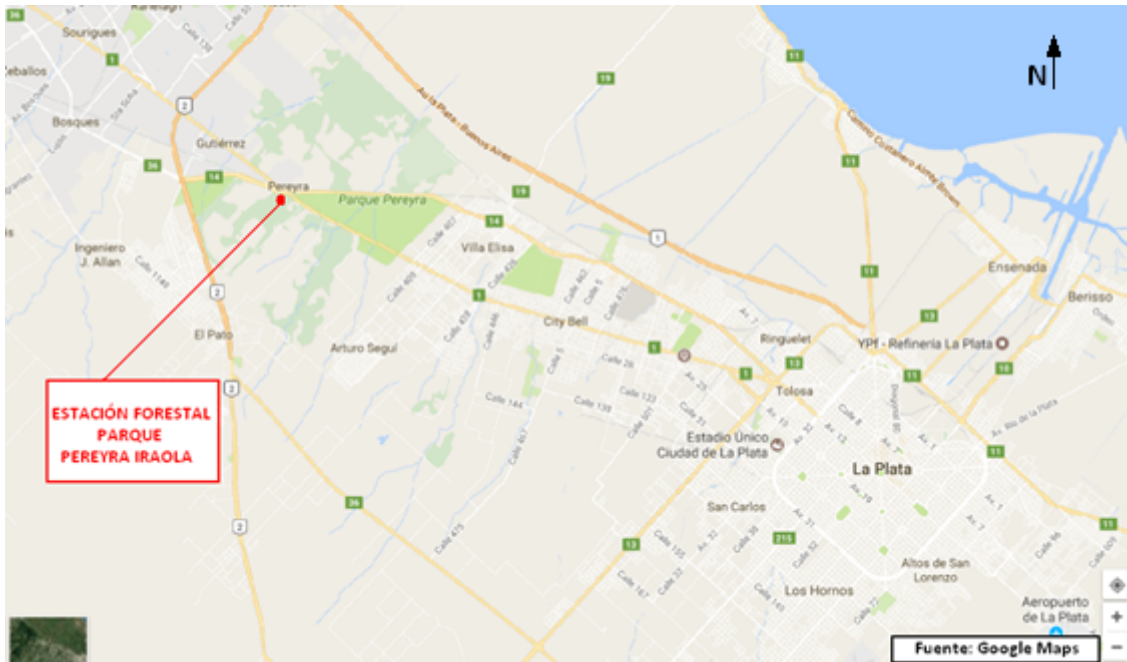


Figura 1. Ubicación de la Estación Forestal Parque Pereyra Iraola (Fuente: Google Maps).

El vivero forestal es el lugar destinado a la reproducción de árboles con diversos fines. Su misión es obtener plantas de calidad, que garanticen una buena supervivencia y crecimiento en el lugar donde se establezcan en forma definitiva (CIEFAP, 2012).

La producción de *Fraxinus pennsylvanica* Marshall en la Estación Forestal Parque Pereyra Iraola es destinada al arbolado urbano de los municipios de la Provincia de Buenos Aires y se realiza a raíz desnuda. Esta metodología consiste en producir plantas que se crían en el suelo del vivero hasta su tamaño final, y luego son extraídas para llevar a su lugar de plantación definitivo con las raíces libres (sin cepellón de tierra). Algunas características de este tipo de producción son: mayor economicidad que la producción en envases y dependencia de la calidad de sitio del vivero, por lo que los tiempos de producción dependen de las características climáticas de la zona. Solo se pueden producir bajo este esquema especies coníferas y latifoliadas caducas.



Figura 2. Imagen satelital de la Estación Forestal Parque Pereyra Iraola (Fuente: Google Earth).

La producción de plantines forestales, como cualquier otra actividad intensiva, debe tender a generar, además de cantidad, un producto de calidad en la forma más eficiente posible. Las plantas son consideradas de calidad si cumplen con dos requisitos básicos de comportamiento una vez establecidas en el terreno. El primero, y más obvio, es la supervivencia y el segundo, el crecimiento (Duryea 1984), siendo para plantines forestales el crecimiento en altura, en DAC (diámetro a la altura del cuello) y del sistema radical los de mayor interés en general. Estas características hacen a la calidad de los plantines forestales en general, independientemente de su destino, por lo que se las puede tomar como referencia tanto para plantines destinados a la producción foresto-industrial, como aquellos que se utilizan en el arbolado urbano. Los atributos de calidad de una planta para forestación están entonces determinados por el ambiente en el cual se va a establecer, por el objetivo de la forestación y por la relación costo-beneficio.

En el vivero se cuenta con un rodal de polinización abierta de *Fraxinus pennsylvanica* Marshall establecido en el año 1999 a partir de una selección de plantas por características fenotípicas como tamaño, vigor y sanidad. Esta selección se llevó a cabo con el fin de establecer un rodal para la producción de semillas en el futuro. Actualmente, el rodal produce semillas y es la principal fuente de abastecimiento para la producción de fresno americano para arbolado público en el vivero. El rodal está formado por 81 plantas de Fresno americano, dispuestas en una cuadrícula de 9x9 plantas, con un distanciamiento de 4 metros entre sí.

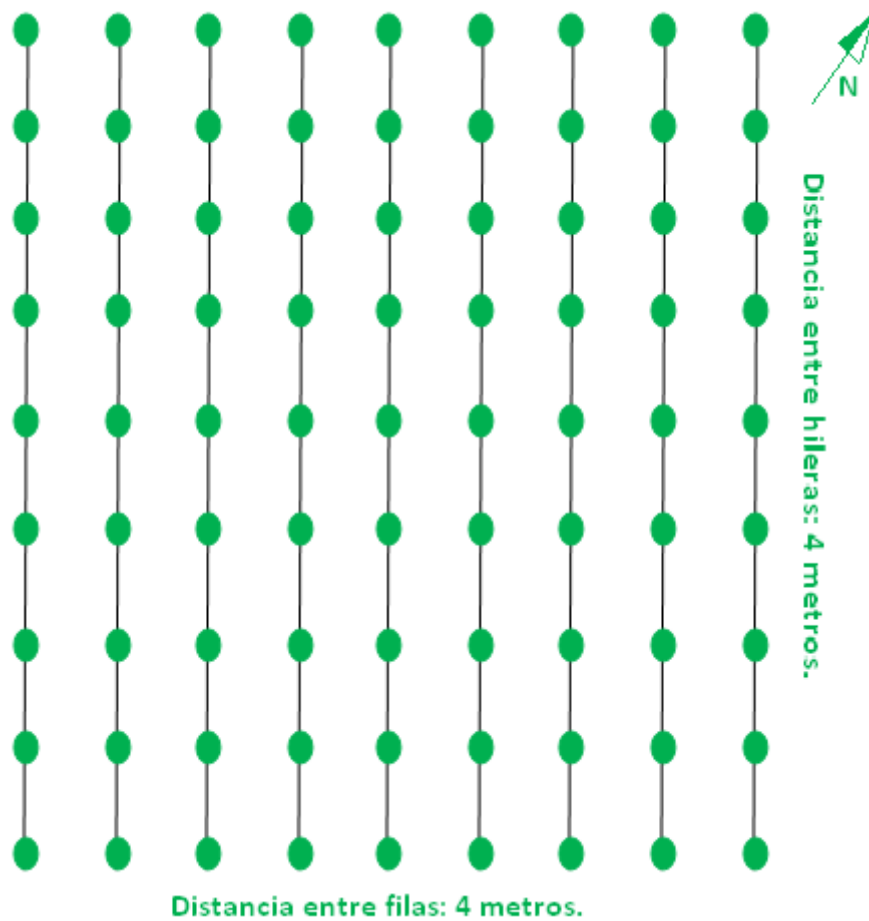


Figura 3. Croquis de la disposición de plantas en el rodal de *Fraxinus pennsylvanica* Marshall en el “Vivero Darwin”.

Las plantas que conforman el rodal habían sido seleccionadas sin un objetivo de mejoramiento genético explícito. Pero actualmente se verifica una diferencia positiva en la calidad de los plantines obtenidos a partir de las semillas del mismo, con respecto a los producidos a partir de semillas de otras fuentes. Se puede considerar al

rodal como un rodal semillero, ya que la “mejora” obtenida no ha sido respaldada con un ensayo de progenie ni se conoce el origen de las plantas madres. En este sentido, se puede tomar en cuenta la definición de Barner (1973) que define a un rodal semillero como una medida interina para producir semilla de mejor calidad genética a corto plazo, mientras se desarrollan otras formas más avanzadas de producción. Además, define un rodal semillero como un grupo de árboles de la misma especie, que es mejorado mediante la remoción de individuos indeseables, y manejado para estimular la producción pronta y abundante de semilla. A partir de esta definición el presente trabajo puede otorgar información para la remoción de las madres que produzcan progenies de peor calidad, en busca de obtener plantines con un nivel de mejora genética superior al actual.



Figura 4. Rodal de *Fraxinus pennsylvanica* Marshall en el “Vivero Darwin”.

OBJETIVOS

Objetivo general

Brindar información sobre la calidad de las madres del rodal de fresno como proveedoras de semillas para la producción de plantines.

Objetivos particulares

Verificar si existen diferencias en la calidad de los plantines provenientes de cada madre del rodal y con respecto a semilla de origen no seleccionado (control).

Identificar las mejores madres para las futuras cosechas.

HIPOTESIS

Los plantines provenientes del rodal tendrán mayor vigor de germinación y calidad del plantín terminado respecto al control.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del Rodal y selección de individuos madres

Se realizó la identificación de los individuos del rodal con números del 1 al 81 y su división entre individuos masculinos y femeninos.

81	80	79	78	77	76	75	74	73
72	71	70	69	68	67	66	65	64
63	62	61	60	59	58	57	56	55
54	53	52	51	50	49	48	47	46
45	44	43	42	41	40	39	38	37
36	35	34	33	32	31	30	29	28
27	26	25	24	23	22	21	20	19
18	17	16	15	14	13	12	11	10
9	8	7	6	5	4	3	2	1




Figura 5. Numeración de cada uno de los individuos del rodal.

El rodal conforma un cuadrilátero con las siguientes coordenadas de cada uno de sus vértices:

Tabla 1. Coordenadas de los vértices del rodal de fresnos

Nº Fresno	Latitud	Longitud
1	34° 50' 47,3" S	58° 09' 23,9" O
9	34° 50' 48,5" S	58° 09' 24,9" O
73	34° 50' 46,5" S	58° 09' 25,2" O
81	34° 50' 47,6" S	58° 09' 26,2" O

Tabla 2. *División de los individuos del rodal en masculinos y femeninos.*

N° planta	Fem	Masc	N° planta	Fem	Masc	N° planta	Fem	Masc
1		1	28		1	55	1	
2		1	29	1		56	1	
3	1		30	1		57		1
4		1	31	1		58	1	
5		1	32	1		59	1	
6	-	-	33	1		60	1	
7	1		34	1		61		1
8		1	35	1		62	1	
9	1		36		1	63	1	
10		1	37		1	64	1	
11	1		38	1		65	1	
12	1		39		1	66	1	
13	1		40	1		67	1	
14	1		41	1		68	1	
15	1		42	1		69	1	
16	1		43		1	70	1	
17	1		44	1		71	1	
18	1		45	1		72	1	
19	1		46		1	73		1
20	1		47	1		74	1	
21	1		48	1		75		1
22	1		49	1		76		1
23	1		50	1		77	1	
24	1		51	1		78	1	
25		1	52	1		79		1
26	1		53	1		80		1
27		1	54		1	81	1	

Los individuos femeninos fueron descritos dasométricamente a partir de la medición del DAP (diámetro a la altura del pecho) y la altura total, con cinta diamétrica (precisión al mm) y clinómetro SUUNTO (precisión al dm) respectivamente. Además se caracterizaron en función de la presencia de bifurcaciones y se realizó un registro cualitativo de la cantidad de semillas que tenía cada madre (abundante, media, escasa o muy escasa) (Figura 6).

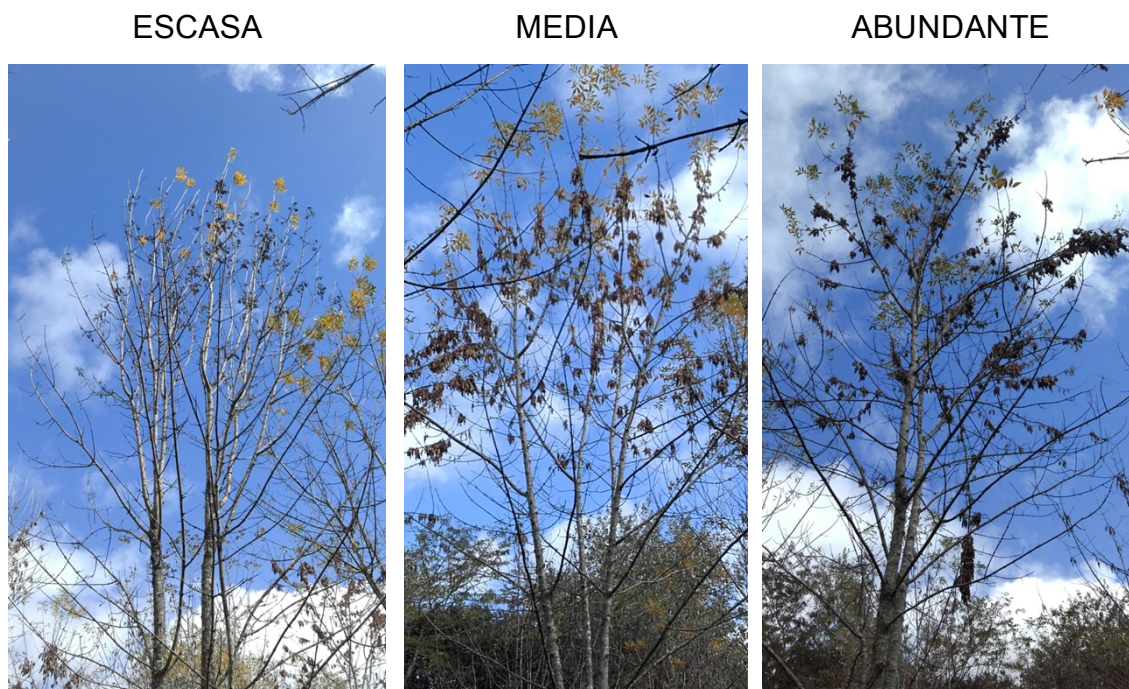


Figura 6. Ejemplos de la escala visual utilizada para clasificar la cantidad de semillas de cada madre.

Se consideraron como bifurcados aquellos individuos que presentaban bifurcaciones por debajo de los 2 metros de altura. Las bifurcaciones por encima de los 2 metros no se consideraron importantes ya que correspondían a individuos con un desarrollo de la copa elevado en altura. Esta apreciación se realizó teniendo en cuenta que en el arbolado urbano puede resultar de interés el desarrollo de la copa más allá de los 2 metros (aunque que el punto de inicio de copa está también determinado por la calidad de sitio), evitando la proliferación de ramas bajas que dificulten la circulación de peatones y vehículos en la vía pública. Se clasificaron como de buena forma aquellos individuos que no tenían bifurcaciones ni ramas bajas, ni presentaban desviaciones en su eje vertical. Mala forma fue utilizada para aquellos individuos que presentaron bifurcaciones, ramificaciones y/o desviaciones en su eje vertical (tortuosos). Por lo tanto, las categorías utilizadas para describir la forma de los ejemplares fueron: buena forma, tortuoso, ramificado y bifurcado y sus posibles combinaciones. Estos datos fueron utilizados como criterio para seleccionar 20 madres a partir de las cuales se cosecharon 300 semillas de cada una para su almacenamiento y posterior utilización en los ensayos del presente trabajo. Se incluyó un lote de semillas testigo o control proveniente de un árbol ubicado fuera del rodal pero dentro del predio del vivero. La

cosecha de semillas se realizó mediante el volteo de ramas con motosierra y posterior recolección de las mismas.

Cabe destacar que la polinización del rodal no es controlada por lo que se desconoce el origen del polen que fecunda a las madres, pudiendo ser tanto de los individuos machos presentes en el rodal como de otros ubicados fuera del mismo. Esta situación también cuenta para el caso del testigo, cercano al rodal. Este último corresponde a una madre con similares características a la media del rodal en cuanto a la altura y el DAP. Además contaba con una abundante cantidad de semillas y se encontraba en condiciones de alta competencia. Los individuos que forman parte del rodal se encuentran en condiciones de competencia similares ya que el marco de plantación del mismo es de 4x4 metros.

Evaluación de las progenies

Almacenamiento de las semillas

Las semillas de *Fraxinus pennsylvanica* Marshall fueron almacenadas en bolsas de papel, conservadas en heladera desde su recolección en el mes de julio, hasta su utilización en los ensayos de germinación a fines de agosto. Aquellas semillas que no fueron utilizadas en el ensayo de germinación, se mantuvieron en heladera hasta el momento de su siembra en el vivero.

Peso de 100 semillas

Se determinó el peso promedio de 100 semillas de cada madre del rodal y el testigo. Se realizaron 3 repeticiones y se obtuvo el valor promedio. Se utilizó una balanza de precisión al centígramo.

Evaluación de germinación y emergencia

Se evaluó el porcentaje y vigor de germinación de 100 semillas por madre. Se colocaron las semillas en sustrato inerte (papel absorbente) en bandejas. Cada progenie se evaluó en 4 bandejas de 25 semillas cada una. Se evaluó la emergencia

de radícula y de los cotiledones. Se calculó el valor de germinación (VG) con la siguiente fórmula (Hartmann y Kester, 1997):

$VG = \text{Tasa máxima de germinación diaria} \times \text{Porcentaje máximo de germinación} / \text{Días transcurridos}$

Metodología detallada en: <http://www.fao.org/docrep/006/ad232s/ad232s13.htm>

Las semillas estuvieron 30 días en estufa de germinación a temperatura constantes de 25 °C, en oscuridad. Como la tasa de germinación fue muy baja, se trasladaron a invernáculo con luz y fluctuación diaria de temperatura, donde permanecieron hasta el final del ensayo. Este fue determinado una vez que las diferentes madres no mostraron variaciones en los porcentajes de germinación alcanzados. En total, el ensayo duró 60 días transcurridos desde el 29/08 al 29/11 de 2016. La baja tasa de germinación inicial en estufa supone la necesidad de realizar ensayos de germinación en diferentes condiciones (estufa, invernáculo, combinación de ambos, etc.) para establecer cuál es el método adecuado para la germinación de semillas de fresno americano. La elección de poner a germinar las semillas en estufa a temperatura constante se basó información bibliográfica (Arnal Olivares *et al.*, 2013), sin embargo por algún factor que se desconoce las semillas no germinaron en estufa y si lo hicieron cuando fueron trasladadas a invernáculo. Esto no forma parte de los objetivos de este trabajo pero resulta importante destacar la necesidad de ajustar la metodología respecto de la germinación.

Siembra a campo

Se sembraron las semillas de las 20 madres y el testigo en un ensayo de bloques completos al azar. Se destinó 1 m lineal por madre en cada uno de los 4 bloques. En cada bloque se formaron filas de cada madre, distribuidas al azar. Por lo tanto el ensayo contaba con 4 filas por madre. Las filas se ubicaron a una distancia de 30 cm entre ellas. Por lo tanto, cada bloque contó con 21 filas en las que se sembraron 60 semillas en cada madre (240 semillas en total por madre). Se registró el número de semillas germinadas a campo. La idea original, que no se pudo plasmar, era dejar 15 plantines en cada fila.

Siembra en speedlings

Se utilizaron bandejas de 40 tubetes cada una. Se sembraron 20 semillas, previamente germinadas en bandejas con papel absorbente, de cada madre. Se distribuyeron en 4 filas de 5 individuos, en diferentes bandejas. La asignación de cada fila se realizó al azar, de manera de quedar distribuidas las 4 filas de cada madre en diferentes bandejas. Se utilizó una mezcla de turba con tierra como sustrato. Los speedlings se mantuvieron en invernáculo desde el comienzo hasta el final del ensayo.

Medición del crecimiento de las progenies

Una vez terminado el tiempo destinado al ensayo, se midió DAC (diámetro a la altura del cuello) y altura de todos los individuos. El DAC se midió con calibre digital y la altura con regla milimetrada. Complementariamente se descalzaron, se lavaron sus raíces y se secaron en estufa para poder determinar el peso seco de hojas, tallo y de las raíces. Se calculó el cociente entre materia seca aérea/materia seca raíces (S:R) y el índice de esbeltez (SQ) que es el cociente entre la longitud del tallo y diámetro del tallo en el cuello. Con estos cocientes y la materia seca total (TDW) se calculó el Índice de Calidad de Dickson (DQI), con la siguiente fórmula:

$DQI = TDW / (SQ + S:R)$ (Cuzzuol et al. 2013).

Análisis estadístico

El peso de 100 semillas se analizó por ANOVA y las medias se compararon con el test de Tukey ($p < 0,05$). Se realizó el análisis de regresión entre el peso de 100 semillas y el porcentaje máximo de germinación. Se consideró significativa si $p < 0,05$ y se tuvo en cuenta el valor de R^2 para determinar si existía relación entre las variables estudiadas. Todas las características medidas de la progenie se analizaron mediante Análisis de Componentes Principales y Análisis de Conglomerados o Clusters. Este tipo de análisis permitió analizar el conjunto de variables simultáneamente, estableciendo las relaciones entre ellas. Esta información se utilizó para seleccionar las mejores madres del rodal, como proveedoras de semillas para la producción de plantines de calidad. Los análisis se realizaron con el programa InfoStat (Di Rienzo et al. 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción del Rodal y selección de individuos madres

Tabla 2. Descripción dasométrica, caracterización de la forma y clasificación cualitativa de la cantidad de semilla de los individuos femeninos del rodal.

Madre	DAP (cm)	H (m)	Forma	Semillas
3	12,1	8,1	ramificado	M
7	19,1	10,8	ramificado	M
11	12,9	11,5	tortuoso	M
12	17,7	14,9	buena forma	M
13	10,8	8,1	tortuoso, ramificado	E
14	12,7	10,8	tortuoso	A
15	12,4	8,1	tortuoso, ramificado	M
16	17,7	10,8	buena forma	E
17	16,5	10,8	buena forma	M
18	17,6	10,8	buena forma	E
19	12,7	8,1	buena forma	M
20	16,4	8,1	buena forma	M
21	11,8	8,1	buena forma	M
22	15,9	14,9	bifurcado, tortuoso	M
23	23,8	10,8	buena forma	ME
24	19,3	10,8	tortuoso	A
26	19,1	10,8	buena forma	M
29	18,0	10,8	buena forma	E
30	16,7	10,8	buena forma	M
31	13,4	8,1	buena forma	E
32	17,0	8,1	buena forma	M
33	16,2	10,8	tortuoso	M
34	16,2	10,8	buena forma	E
35	13,7	8,1	tortuoso	M
38	16,4	10,8	buena forma	M
40	15,3	10,8	buena forma	E
41	21,3	10,8	buena forma	A
42	14,0	10,3	bifurcado, tortuoso	E
44	15,3	10,3	buena forma	ME
45	13,0	10,3	tortuoso	A
47	13,5	10,3	tortuoso	E
48	14,6	10,8	buena forma	M
49	22,0	10,8	tortuoso	A

50	18,5	10,8	buena forma	A
51	13,7	10,3	tortuoso	E
52	16,2	10,8	tortuoso	A
53	17,5	10,8	buena forma	A
55	14,6	10,3	tortuoso	E
56	15,4	10,3	buena forma	E
58	14,6	10,3	buena forma	E
59	18,8	10,3	buena forma	M
60	12,2	8,1	tortuoso	M
62	13,5	8,1	tortuoso	E
63	12,4	10,3	buena forma	A
64	17,5	10,8	tortuoso	A
65	14,6	10,8	buena forma	M
66	18,8	10,8	buena forma	M
67	21,5	10,8	tortuoso	M
68	15,9	10,3	buena forma	E
69	18,0	10,8	buena forma	A
70	9,7	8,1	tortuoso	ME
71	9,7	8,1	tortuoso	ME
72	12,7	8,1	buena forma	E
74	22,9	10,8	buena forma	A
77	20,7	10,8	buena forma	A
78	19,4	10,8	buena forma	M
81	16,2	8,1	tortuoso	A

(A: Abundante; M: Media; E: Escasa y ME: Muy escasa).

En función de las características descritas en la Tabla 2, se seleccionaron las 20 madres a cosechar. Aquellas madres con “muy escasa” cantidad de semillas se descartaron previamente para evitar la falta de semillas para los ensayos posteriores. La planta correspondiente a la ubicación número 6 no se encontraba en el rodal, por lo que no fue posible considerarla en la descripción y selección. Una vez descartadas éstas, se seleccionaron las 10 “mejores” y 10 “peores” madres, con el fin de tener representado todo el abanico de variabilidad del rodal, ya que no se muestreó la totalidad de madres presentes sino una parte de ellas. Luego de esta primera selección se separaron en madres con buena forma de las que presentaban bifurcaciones o estaban torcidas. Dentro de los considerados de mejor forma, se seleccionaron los individuos con mayor altura y DAP. Para la selección de las “peores” madres, se seleccionaron aquellas madres con valores más bajos de altura y DAP. La razón por la que se decidió utilizar las “mejores” y “peores” consistió en representar los extremos, suponiendo que el resto de las madres no ensayadas se ubicarían en algún

punto de este “rango de calidades”. En la Figura 7 se muestran con color verde las madres con mejores características seleccionadas, y con color amarillo aquellas de peores características que completan las 20 madres de la selección. Se incluyó un lote semillas de origen desconocido similar al que habitualmente se utiliza para la producción de plantines en el vivero, que fue considerado control o testigo.

81	80	79	78	77	76	75	74	73
72	71	70	69	68	67	66	65	64
63	62	61	60	59	58	57	56	55
54	53	52	51	50	49	48	47	46
45	44	43	42	41	40	39	38	37
36	35	34	33	32	31	30	29	28
27	26	25	24	23	22	21	20	19
18	17	16	15	14	13	12	11	10
9	8	7	6	5	4	3	2	1




Figura 7. Croquis del rodal con las madres seleccionadas para la cosecha. (Amarillo: peores madres; Verde: mejores madres; Gris: pérdidas).

Evaluación de las progenies

Peso promedio de 100 semillas

Fraxinus pennsylvanica Marshall (Green Ash), que es uno de los más extensamente distribuidos Fresnos americanos (Fowells 1965), muestra una considerable variación genética en la tasa de crecimiento y morfología (Meuli & Shirley 1937).

Se evidenció una gran variabilidad en la forma, tamaño y peso de las semillas de las madres seleccionadas y el testigo. Estas son algunas de las características que podrían evidenciar variabilidad genética en el rodal, materia prima fundamental si se pretende lograr algún grado de mejora a través de una selección. Cabe destacar que

el objetivo del trabajo es la evaluación de madres a partir de su progenie, sin la consideración de las características de sus semillas. De todos modos, ante la presencia de una gran variabilidad morfológica de las mismas se decidió incluir la caracterización de las semillas. De esta forma las características de las semillas se evaluaron como posibles indicadores de la calidad de plantín.

Tabla 3. *Peso promedio de 100 semillas de cada madre cosechada y el testigo (T).*

Madre	Medias	n																
60	1,73	3	A															
35	1,96	3	A	B														
81	2,07	3	A	B	C													
69	2,1	3	A	B	C													
49	2,2	3		B	C	D												
3	2,24	3		B	C	D	E											
74	2,28	3		B	C	D	E											
T	2,37	3		B	C	D	E											
45	2,51	3			C	D	E	F										
63	2,58	3				D	E	F	G									
77	2,65	3					E	F	G	H								
41	2,83	3						F	G	H	I							
11	2,97	3							G	H	I	J						
26	2,97	3							G	H	I	J						
24	3,02	3								H	I	J	K					
62	3,13	3									I	J	K					
22	3,15	3									I	J	K					
53	3,27	3										J	K	L				
12	3,42	3											K	L				
14	3,62	3												L				
50	3,67	3													L			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,43601- Error: 0,0197 gl: 42

Como puede observarse en la Tabla 3, el peso promedio de 100 semillas tomó valores muy diferentes entre las 20 madres y el testigo. Los valores variaron entre 1,73g (Madre 60) y 3,67g (Madre 50). Además del peso, se encontraron diferencias importantes en la forma y tamaño de las semillas, esto puede observarse en las fotos de las semillas de cada una de las madres.

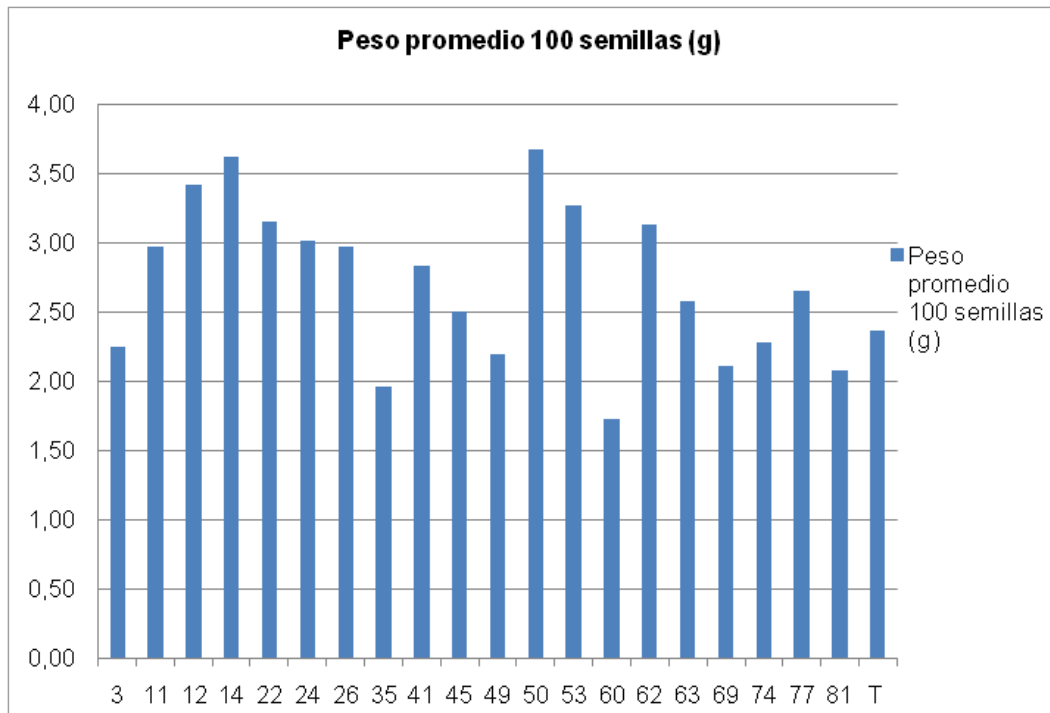


Gráfico 1. *Peso promedio en gramos de 100 semillas de cada madre y el testigo (T).*

A continuación se muestran las fotos de 100 semillas de cada una de las madres cosechadas en el rodal:



Evaluación de germinación y emergencia

Si se analiza la germinación de cualquier grupo de semillas, hay dos aspectos fundamentales: el porcentaje máximo de germinación que se obtiene y el tiempo que demanda llegar a ese porcentaje máximo. Una variable que integra ambas características es el vigor germinativo (gráfico 2). En los gráficos 3 y 4 puede observarse el ritmo de germinación de las 20 madres seleccionadas.

Se observaron grandes diferencias en los porcentajes de germinación alcanzado por las semillas de las diferentes madres. El ensayo de germinación se instaló el 29 de agosto de 2016 y se realizaron observaciones sistemáticas cada semana para verificar el avance del mismo, durante los 60 días consecutivos. Durante los primeros 10 días de comenzado el ensayo no germinó ninguna de las madre. Luego, se observó en algunas madres un incipiente porcentaje de germinación mientras que otras seguían sin que sus semillas germinen. No solo se observaron diferencias en el porcentaje alcanzado por cada madre a los 2 meses de comenzado el ensayo, sino que se pudo observar un comportamiento diferente de cada una a lo largo de ese tiempo. Algunas madres se mantuvieron sin germinar durante varias semanas para luego alcanzar un porcentaje elevado de germinación, en pocos días. Otras, en cambio, fueron germinando de manera gradual, comenzando a los pocos días de iniciado el ensayo (gráficos 3 y 4). El vigor germinativo expresa de forma numérica este comportamiento, y, si dos madres llegaron a igual porcentaje máximo de germinación, es mayor para aquellas madres que germinaron más rápidamente y tomando valores menores para aquellas que han tenido un ritmo gradual de germinación.

En el gráfico 2 puede observarse como varía el vigor germinativo entre las diferentes madres, incluso entre aquellas que alcanzaron porcentajes finales de germinación similares. Por ejemplo, las madres 35 y 77 han alcanzado porcentaje de germinación alrededor del 80% al final del ensayo, pero los valores de vigor germinativo fueron 13,2 y 5,8 respectivamente. El mayor vigor germinativo de la madre 35 expresa que ha alcanzado el mismo porcentaje final que la madre 77 pero lo ha hecho en un menor tiempo.

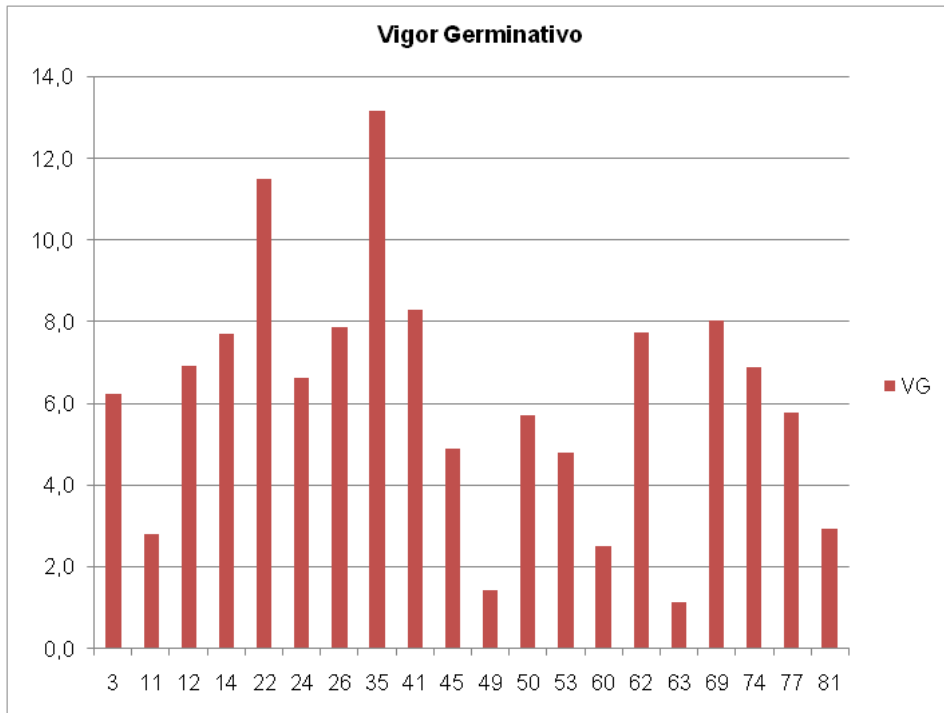


Gráfico 2. Vigor germinativo de cada una de las madres cosechadas del rodal.

Las diferencias en vigor germinativo son importantes en el manejo del vivero, en especial si se trabaja con almaciguera y repique. Si las madres poseen vigores germinativos muy diferentes, significa que el repique deberá realizarse a diferente tiempo y de manera gradual, por lo tanto la actividad demandará más tiempo. Si se mezclan madres con vigor germinativo similar, la germinación será más sincrónica, y facilitará la tarea del repique. Por otro lado, madres con vigores germinativos menores (que tardan más en germinar) pueden ser utilizadas para reposición porque, si se ponen a germinar junto con las demás madres, comenzarán a germinar recién cuando ya se conozca el éxito de las plantas repicadas previamente. Asimismo, madres con elevado vigor germinativo, como la 35, pueden ser utilizadas para reposición si se produce una inesperada mortalidad, que requiera de poner a germinar y obtener plántulas en pocos días.

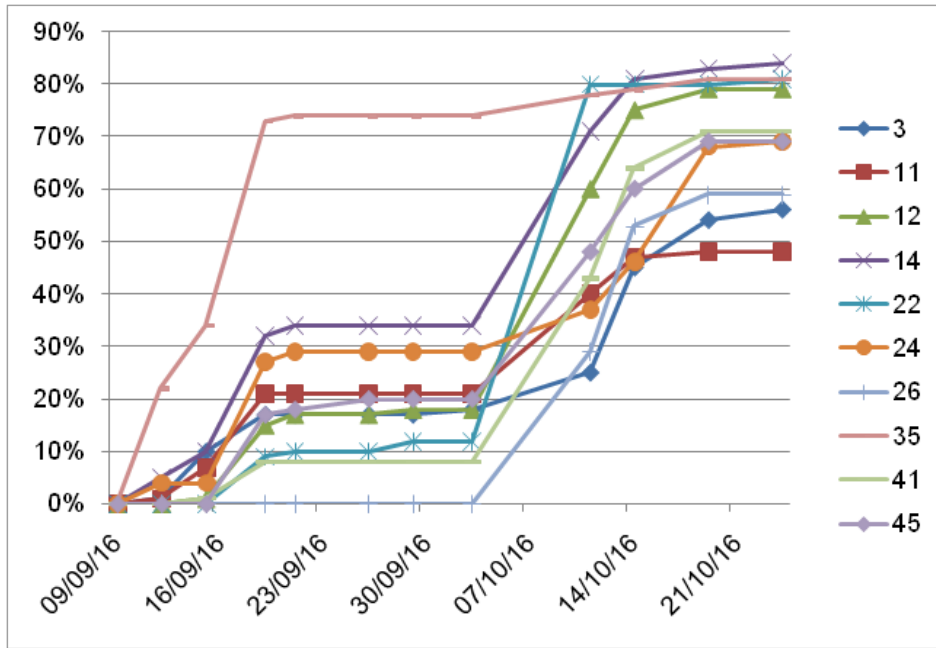


Gráfico 3. Avance del porcentaje de germinación de cada madre a lo largo del ensayo de germinación de las madres 3 a 45.

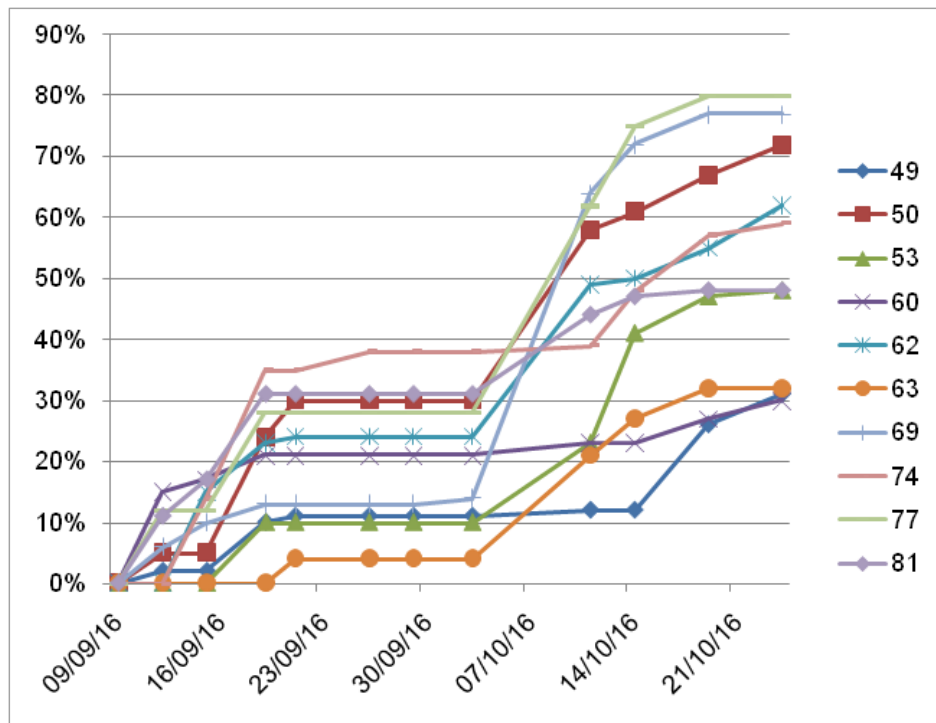


Gráfico 4. Avance del porcentaje de germinación de cada madre a lo largo del ensayo de germinación de las madres 49 a 81.

El poder de germinación de las semillas depende de las reservas que contenga el embrión. En principio, embriones más grandes deberían tener más reservas, y por lo tanto la capacidad de germinación debería ser mayor (Hartmann y Kester, 1997). Sin embargo, existen otros factores como inhibidores o resistencias mecánicas que pueden disminuir el porcentaje de germinación. Al realizar un Análisis de Regresión entre el peso de las semillas y el porcentaje de germinación alcanzado no se ha podido demostrar que exista relación entre ambos ($p > 0,05$ y R^2 bajo, indican poca o nula relación entre variables), ya que tanto semillas pequeñas como grandes lograron porcentajes de germinación elevados, superiores al 85% (gráfico 5).

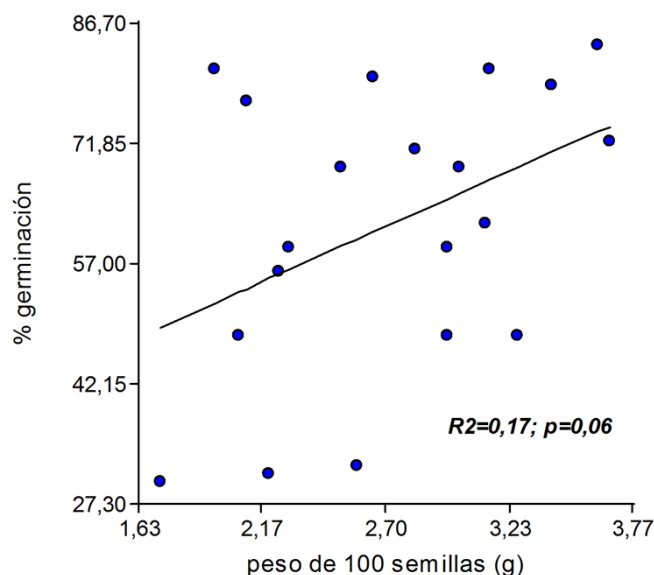


Gráfico 5. Análisis de Regresión entre el peso de 100 semillas (variable independiente) y el porcentaje de germinación (variable dependiente).

Siembra a campo

El ensayo establecido en la Estación Forestal Parque Pereyra Iraola ha tenido una gran cantidad de pérdidas. Se desconocen las razones por las cuales las semillas no han germinado en el sitio de plantación. Al tratarse de una siembra en hileras bien identificadas fue posible observar si las semillas se encontraban en el lugar donde fueron sembradas. Cuando se notó que no ocurría la emergencia de las plántulas se verificó que las semillas no estaban en el sitio de siembra, por lo tanto posiblemente

las pérdidas están relacionadas al ataque de pájaros. Ante la evidencia de que los datos obtenidos no serían suficientes para un análisis correcto se decidió establecer de forma paralela el ensayo en bandejas en invernáculo a partir del cual se han podido caracterizar los plantines y obtener los datos para la selección de las mejores madres. La producción de fresnos en el Vivero Darwin no se realiza en bandejas habitualmente, dejando de manifiesto la necesidad de establecer ensayos a campo para verificar la compatibilidad entre los datos obtenidos a partir de la siembra en bandeja y los que se obtendrían a campo.

Medición del crecimiento de las progenies

Los plantines obtenidos en las bandejas (speedlings) se midieron para poder caracterizarlos y realizar las comparaciones necesarias para la selección de las mejores madres del rodal. A continuación se enumeran algunas de las características medidas y su promedio por madre. Estos datos son la base para los análisis estadísticos que se realizaron.

Tabla 5. *Características de los plantines de cada madre del rodal y el testigo.*

Madre	H (cm)	DAC(mm)	PT (mg)	Esbeltez	DQI
3	5,0	1,3	108,4	40	3
11	6,3	1,4	144,1	44	3
12	5,8	1,3	93,3	43	2
14	6,8	1,4	149,6	48	3
22	5,5	1,4	106,1	39	3
24	6,2	1,4	127,7	44	3
26	4,9	1,2	111,6	40	3
35	5,8	1,3	86,5	46	2
41	7,1	1,5	150,7	48	3
45	6,8	1,5	154,6	46	3
49	5,3	1,0	67,9	55	1
50	6,8	1,5	172,1	47	4
53	7,1	1,5	133,6	47	3
60	6,1	1,3	157,4	46	3
62	7,5	1,5	154,6	50	3
63	6,6	1,4	152,3	47	3
69	5,4	1,4	103,2	39	3

74	6,4	1,5	173,5	42	4
77	6,6	1,5	122,6	45	3
81	6,8	1,4	165,1	48	4
T	6,8	1,3	123,2	54	2

(H: Altura promedio en centímetros; DAC: Diámetro promedio en milímetros; PT: Peso Total promedio en miligramos; Esbeltez: relación entre la altura y el diámetro; DQI: Índice de Calidad de Dickson).

Como se mencionó anteriormente, la variabilidad manifiesta respecto de las características de las semillas motivó la incorporación de estas como variables de estudio y comparación. Con el objetivo de analizar si las características de las semillas se relacionan con las características del plantín obtenido, se realizó un análisis multivariado, que consistió un análisis de componentes principales en que se incorporaron variables referidas a las semillas con variables representativas de los plantines como las enumeradas en la Tabla 5. Se trabajó con el valor medio de cada madre, para cada variable. A continuación se puede observar el Gráfico 6, donde se evalúan las relaciones existentes entre las siguientes variables: porcentaje de germinación (%), peso de 100 semillas (g), vigor germinativo (VG), diámetro de los plantines (mm), altura de los plantines (cm), índice de calidad de Dickson (DQI) de los plantines y peso seco total (PT) de los mismos (mg). Si bien de antemano se conoce la correlación positiva entre algunas de estas variables (por ejemplo diámetro y altura) existe variabilidad en el índice de esbeltez, lo que justifica la inclusión de estas dos variables. Es decir esta relación no es unívoca. En el análisis multivariado se puede incluir variables altamente correlacionadas sin que afecte la robustez del resultado. Las variables estudiadas quedan representadas por las líneas en el gráfico. Los valores adoptados por las madres están representados por los puntos azules en el mismo.

Análisis de componentes principales para relacionar las características de las semillas con las de los plantines

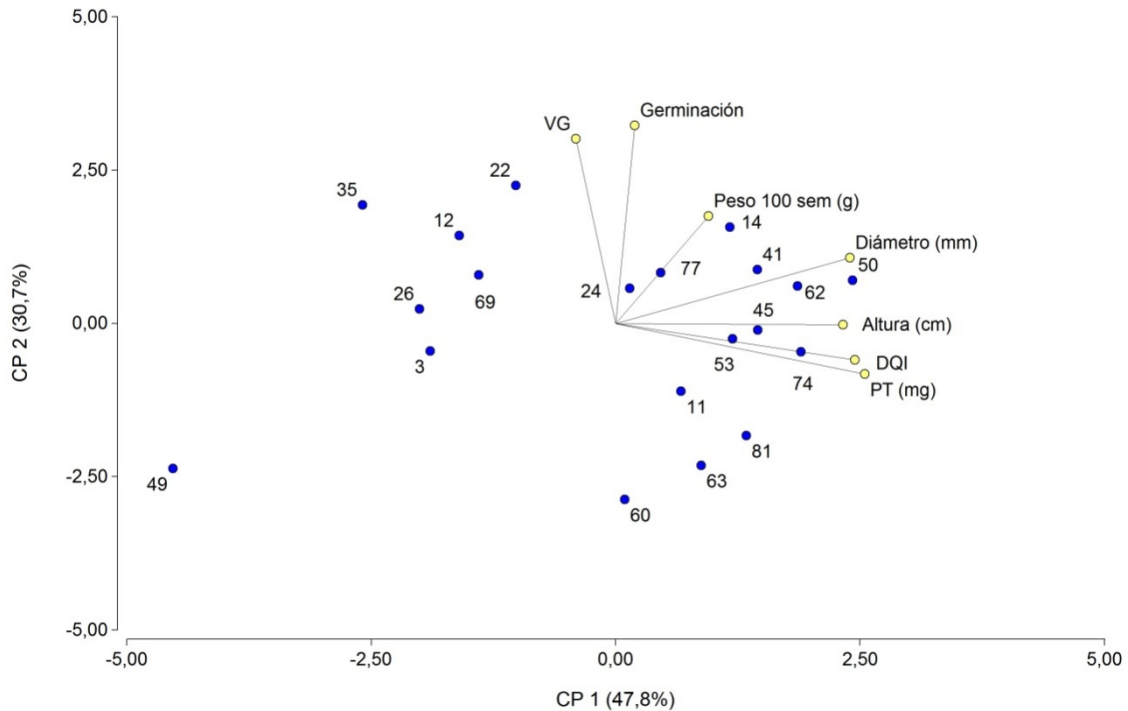


Gráfico 6. Análisis de componentes principales "semillas-plantines".

En un análisis por componentes principales pueden representarse las relaciones entre las variables estudiadas. Cuando las líneas tienen un mismo sentido y misma dirección, significa que esas variables tienen una alta correlación positiva, es decir están íntimamente ligadas (por ejemplo DQI y PT). Cuando las líneas en un mismo sentido toman direcciones opuestas, significa que la correlación entre ambas es negativa. Por último, cuando las líneas se cruzan de forma perpendicular se entiende que no existe correlación entre esas variables (por ejemplo porcentaje de germinación y PT).

Se verifica en el Gráfico 6 lo que se ha mencionado anteriormente sobre la poca relación existente entre las características propias de las semillas, respecto de las características de calidad de los plantines. La variable porcentaje de germinación se encuentra perpendicular a variables como el peso total o el DQI, evidenciando que la selección de las madres no podría realizarse teniendo en cuenta los atributos de sus semillas solamente, ya que no tienen prácticamente ninguna relación con la calidad de plantín que se obtenga de ellas. Sin embargo, es importante tener en cuenta el porcentaje de germinación y vigor germinativo de las semillas para la cosecha y

siembra de las mismas, para garantizar la cantidad de plántulas que demande la producción.

Como se mencionó previamente, el crecimiento de la progenie se evaluó a partir de datos de altura, DAC (diámetro a la altura del cuello) y peso seco de hojas, tallo y raíces de cada plantín. Con los datos obtenidos se realizó un análisis de componentes principales y por clusters para poder comparar las características de los plantines de las diferentes madres del rodal y el testigo. En estos análisis, se tomó la totalidad de los plantines medidos, y se incluyó el rótulo de la madre como categoría.

El Gráfico 7 representa el análisis de componentes principales en el que puede verificarse la variabilidad presente entre la progenie de las distintas madres. Las líneas representan cada una de las variables que caracterizan a los plantines: altura (cm), diámetro (mm), pesos de hojas, tallos y raíces (g), peso total (g), relación entre peso de la parte aérea y peso de raíces, relación entre el peso de hojas y el de raíces, y el índice de esbeltez. Cada uno de los puntos azules en el gráfico representa los valores adoptados por la progenie de cada madre, identificados con sus respectivos números.

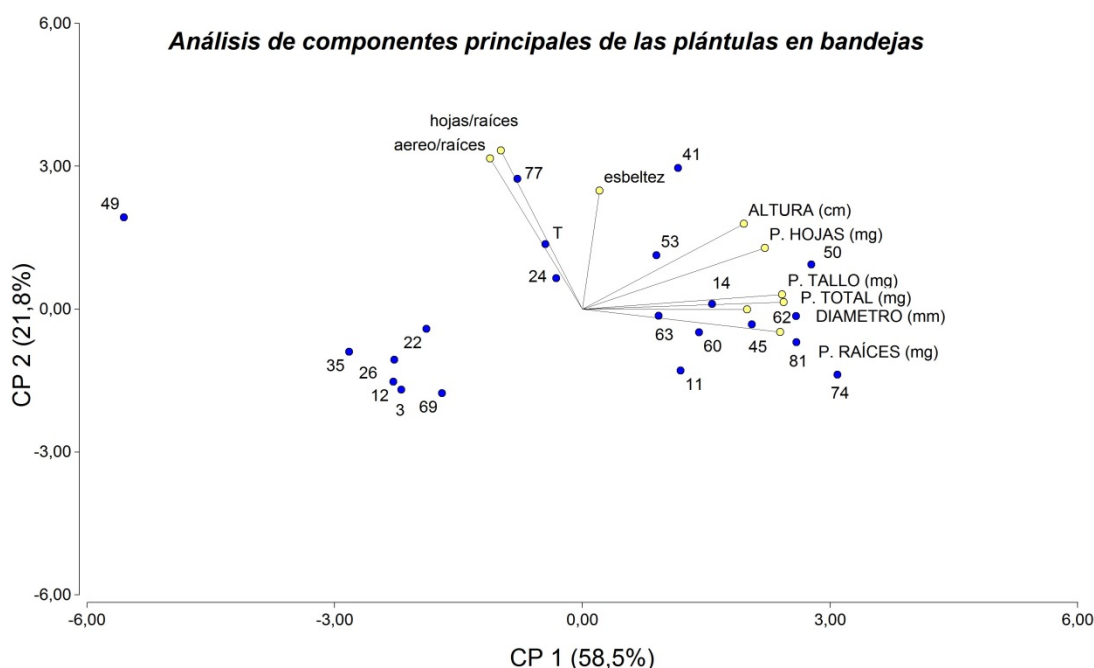


Gráfico 7. Análisis de componentes principales de las características de los plantines.

Otra de las características que posee este tipo de análisis es el de permitir la identificación de grupos similares, a partir de su ubicación en el gráfico. Aquellas madres que se ubican más cercanas al centro del gráfico son madres con valores

medios, es decir que su progenie no se ubica en ninguno de los extremos respecto de las variables utilizadas. No son los plantines de mayor tamaño, ni tampoco los de menor tamaño.

Se puede identificar claramente que la madre 49 se encuentra alejada del resto. Esto indica que es una madre con características diferentes. Los valores que toman las variables para la progenie de esta madre son los más alejados de la media. Es la madre con los valores más bajo de peso total, diámetro y altura de sus plantines. Por otra parte, se puede suponer que existe cierta similitud entre los plantines provenientes de las madres 3, 12, 22, 26, 35 y 69, ya que se ubican en el gráfico formando un grupo en la parte inferior del mismo. También se puede verificar como la progenie de las madres 50, 62, 74 y 81 toman los valores más elevados de altura, diámetro y pesos secos.

El segundo análisis realizado a partir de los datos de la progenie de cada madre es el análisis de clusters o conglomerados. Este tipo de análisis, es similar al anterior, pudiendo establecer relaciones de similitud entre la progenie de las diferentes madres. En este caso, se fijaron 4 clusters, y se analizó cómo quedaban conformados. En el Gráfico 8 se puede observar el resultado obtenido a partir del mismo.

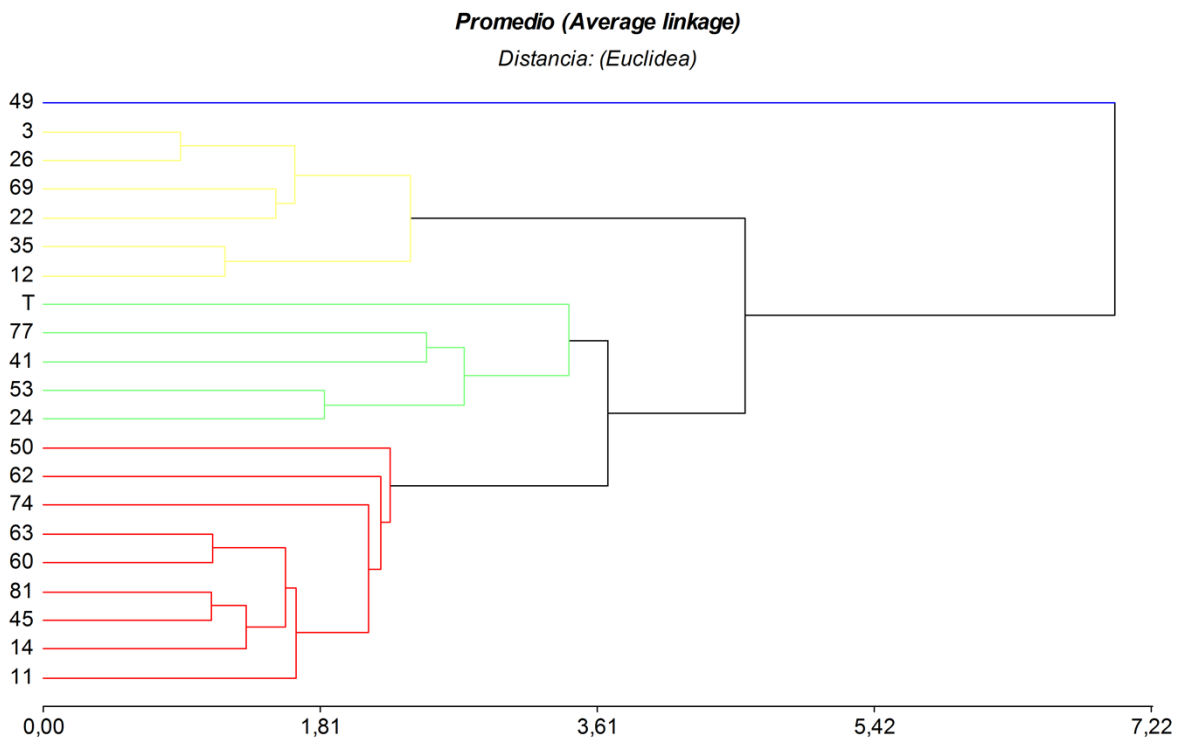


Gráfico 8. Análisis de clusters o conglomerados.

El análisis de conglomerados establece relaciones de similitud entre los plantines de las diferentes madres, a partir de las variables disponibles. En este caso se utilizaron las mismas variables que se han mencionado para el análisis de componentes principales para caracterizar la progenie. Se le pidió al programa estadístico que divida en 4 clusters el total de las madres, es decir que agrupe en 4 categorías diferentes aquellas madres que su progenie se asemeja entre sí. Esto surge de analizar los índices de calidad de Dickson encontrados, ya que se pueden identificar 4 clases de calidad de plantines (Tabla 5). Este índice tomó valores entre 1 y 4, representando calidades que van de menor a mayor conforme aumenta el valor de DQI. Como se había determinado que las características de las semillas tenían poca o nula relación con las características del plantín obtenido, se considera que la selección de las madres se debe realizar respecto de estos últimos. Por este motivo el análisis de clusters solo cuenta con aquellas variables que expresan atributos de los plantines, sin considerar las características de las semillas.

Se puede verificar nuevamente el comportamiento diferencial de la progenie de la madre 49, conformando un cluster único. Por otro lado, se han agrupado el resto de las madres en 3 cluster que podrían entenderse como: cluster amarillo, progenie con peores características que el testigo; cluster verde, progenie con características medias, similares al testigo; cluster rojo, progenie con características mejores que el testigo. Es decir, existen madres que no conviene cosechar ya que el comportamiento de su progenie está por debajo del comportamiento que podría obtenerse cosechando el testigo. Otras madres que no muestran una ganancia respecto del testigo, siendo indistinto cosechar esas madres que cosechar fuera del rodal. Por último, hay un grupo importante de madres del cual se puede esperar la obtención de plantines de mejor calidad que cosechando fuera del rodal. Este último grupo de madres, que conforman el cluster rojo en el Gráfico 8, son las que mayores ganancias respecto del testigo pueden obtener.

Si se relaciona las caracterización inicial en buenas y malas madres (Figura 7), las madres 81, 63, 74 y 50 fueron seleccionadas como buenas madres, tanto por los atributos de la madre como por las características del plantín. Las madres 49, 3, 22 y 35 fueron clasificadas como malas madres tanto por las características de las madres como de los plantines. Sin embargo, las madres 12, 26 y 69 que fueron clasificadas como buenas por las características de las madres, dan plantines de baja calidad. Las madres 11, 14, 45, 60 y 62 que fueron clasificadas como malas por forma y atributos, dan plantines de buena calidad. Sería interesante evaluar a futuro la repetitividad de

los resultados alcanzados, pero queda claro que las características de las madres en el rodal semillero no son suficientes para predecir la calidad de los plantines que producirán.

Tanto la caracterización del rodal, como la de la progenie proveniente de las madres del mismo, son la base de datos necesaria para la gestión de esta área de producción del vivero. La posibilidad de aumentar los rendimientos, obtener plantines de mejor calidad y garantizar la disponibilidad de semillas para su producción necesita de información que se recopile en un inventario del rodal. El inventario del rodal es necesario por varias razones. En primer lugar, permite comparar entre dos o más rodales alternativos para seleccionar la mejor opción. Segundo, proporciona la base para realizar los aclareos y, tercero, permite evaluar los cambios en densidad y calidad fenotípica después de los aclareos (Hughes y Robbins 1982). El desarrollo de un programa de mejora genética demandaría de esta información además de la caracterización de la progenie del resto de las madres del rodal. Esto permitiría pasar a la categoría de rodal semillero (rodal que posee su ensayo de progenie completo) y obtener un rodal con una real ganancia genética, sustentada en ensayos como los presentados en este informe. Además, los rodales semilleros tienen ciertos atributos que los hacen muy importantes, en particular, i) representan una alternativa simple, económica y a muy corto plazo para la producción de semilla de mejor calidad; ii) la semilla colectada tiene mejor calidad genética que la semilla de rodales no manejados; iii) se reducen los costos y se facilitan las recolecciones de semilla, al concentrar las operaciones en una sola área (Zobel y Talbert 1984).

Por último, se debe tener en cuenta que la competencia es una variable de influencia en las condiciones de crecimiento y producción de semillas de las madres. Ante un rodal que posee un marco de plantación de 4x4 metros se puede suponer que exista una alta competencia entre los individuos. Esto motivaría la decisión de raleo el rodal, eliminando aquellas madres que producen los plantines de más baja calidad. Sin embargo, antes de tomar esta decisión habría que analizar la totalidad de las madres y verificar la repetitividad de los resultados a lo largo de los años y la consistencia de la calidad de los plantines lograda durante el primer verano con la calidad de un plantín listo para ser llevado al arbolado urbano.

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

Es importante resaltar la variabilidad encontradas dentro del rodal que deja en evidencia la existencia de calidades de madres diferenciales. Se encontraron un número importante de madres que producen plantines de menor calidad que el testigo, por lo que no es recomendable su cosecha para la producción. Por otra parte, hay plantines proveniente de otro grupo de madres que manifestaron una calidad superior. Estas madres serían las más adecuadas para la obtención de semillas, teniendo en cuenta la disponibilidad de las mismas, las fluctuaciones que puede haber en la semillazón año a año y los porcentajes de germinación que han alcanzado para realizar cosechas capaces de abastecer la demanda del vivero. Ante situaciones de escasa cantidad de semillas en aquellas madres consideradas mejores, es preferible la cosecha fuera del rodal que la cosecha de aquellas madres que han mostrado rendimientos de sus plantines por debajo que el testigo.

Existe variabilidad tanto en la producción de semillas, tamaño de las mismas y poder germinativo entre las 20 madres evaluadas. Es recomendable que se registre la cantidad de producción de semillas y capacidad germinativa durante varios años para poder caracterizar correctamente a cada madre.

La cosecha de semillas debe considerar los diferentes vigos germinativos de cada madre. Si se van a mezclar semillas provenientes de diferentes madres, se debería seleccionar madres con vigor germinativo similar, ya que ayudará a una germinación sincrónica. Por ejemplo, si analizamos las madres que producen plantines de buena calidad, que serían las candidatas a ser cosechadas identificamos 4 grupos:

- Las madres 14, 45 y 50 producen abundantes semillas, tienen porcentaje de germinación cercano al 70% y ritmos de germinación elevados.
- Las madres con vigor germinativo menor pueden sembrarse antes y sembrar mayor cantidad de semillas. Por ejemplo las madres 60 y 63 tienen bajos poder de germinación total (30%) y bajo vigor germinativo, pero podrían sembrarse con anticipación porque producen plantines de buena calidad, y producen media y abundante cantidad de semillas, respectivamente.
- Las madres 62 y 74 tienen porcentaje de germinación intermedio (60%) y a un ritmo similar entre ambas. Podría mezclarse las semillas de esas dos madres, ya que la madre 62 produce escasa semilla, y la madre 74 abundante.
- Las madres 81 y 11 llegan sólo al 50 % de germinación total con un ritmo similar entre ellas y similar al del grupo 1, por lo que podrían mezclarse con el

primer grupo aunque habría que considerar su menor porcentaje de germinación.

A partir del análisis de los datos obtenidos en los diferentes ensayos se pudo determinar la relación existente entre las diferentes variables que determinan la calidad de un plantín. A su vez, se pudo verificar que no existe relación entre los parámetros que caracterizan la calidad de las semillas y aquellos que representan la calidad de los plantines. El Índice de Calidad de Dickson (DQI) es una variable muy fácil de calcular, que agrupó a las madres en los mismos grupos que el análisis de conglomerados. Por su sencillez, se recomienda el cálculo de este índice para futuras evaluaciones de progenies.

Los datos obtenidos de los diferentes ensayos han permitido caracterizar los plantines en función de diferentes variables. Las características estudiadas pueden ser de mayor o menor interés en relación con el destino de la producción. Para el caso particular del “Vivero Darwin”, que destina su producción al arbolado urbano, tomarán mayor relevancia aquellas características que le permitan adaptarse a las condiciones del medio urbano. El ámbito de las ciudades es uno de los que a mayor estrés puede someter a las plantas. Las plantas, una vez que establecidas en el arbolado urbano, probablemente no cuenten con riego, se encuentren sometidas a alta radiación y temperatura y deban crecer en sustratos con baja disponibilidad de agua y nutrientes. Esto deja de manifiesto la necesidad de seleccionar plantas con altos niveles de crecimiento y buena proporción de raíces.

El presente trabajo aporta información al respecto, pudiendo ser la base para la toma de decisiones para la selección de aquellas madres capaces de abastecer de plantines de calidad y en cantidad. La información generada a partir de estos ensayos, con la continuidad de los estudios y el establecimiento de nuevos ensayos que permitan caracterizar las restantes madres del rodal, conformarían una base de datos más que útil para el personal del vivero.

BIBLIOGRAFIA

Achinelli, F. y Marlats, R. 1997 - Revisión de la silvicultura del “fresno americano” en la Argentina relacionada a su verdadera identidad botánica. En actas: II Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano “Forestar y Crecer”. 7 pp.

Arnal Olivares, A., Tomás Ferré, E., Blanco Ortiz, R. y Pemán García, J. 2013. Estudio de germinación de *Fraxinus excelsior* en condiciones controladas. 6to Congreso Forestal Español, Vitoria Gasteiz, España.

Barner, H. 1973 - Classification of sources for procurement of forest reproductive material. Report FAOIDANIDA Training Course on Forest Tree Improvement, Kenya, pp. 110-138.

CIEFAP. 2012 - Producción de plantas en viveros forestales. Colección nexos. 195 pp.

Delucchi et al. 1993 - Los espacios verdes y el arbolado urbano en el área de La Plata. Revista Museo n° 1: 61-65. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/47076>

Delucchi et al. 1993 - Los espacios verdes y el arbolado urbano en el área de La Plata. Revista Museo n° 2: 72-82. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/47110>

Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, Gonzalez L, Tablada M, Robledo CW 2015 - InfoStat. <http://www.infostat.com.ar>

Duryea, M. L. 1984 – Forest Nursery Manual: Production of bareroots seedling. Chapter 15: Nursery cultural practices: impacts on seedling quality: 143-164.

Fowells, H.A. 1965. Silvics of forest trees in the United States. USDA Forest Service Agric. Handbook 271,762.

Hartmann, H.T. y Kester, D.E. 1997 - Propagación de plantas. Principios y prácticas. Compañía Editorial Continental, México. 760pp.

Hughes, C. E.; Robbins, A. M. J. 1982 - Seed stand establishment procedures for *Pinus oocarpa* and *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in the natural forests of Central America. *Rev.* 61(2):107-113.

Meuli, L.J. y H.L. Shirley. 1937. The effect of seed origin on drought resistance of green ash in the prairie-plains states, *J. For.* 35:1060-1062.

Miller, R.; Hauer, R. y Werner, L. 2015 - Urban Forestry: planning and managing urban greenspaces. Part 1: The Urban Forest, an introduction: 1-23.

Nuñez, C. 2000 - El arbolado público: consideraciones básicas para su gestión. *Revista Voces* n° 24. Universidad Nacional de Río Cuarto. Disponible en: <http://www.unrc.edu.ar/publicar/24/cinco.html>

Priego González de Canales, C. 2002 – Beneficios del arbolado urbano. Ensayo de doctorado. 24 pp. Disponible en: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/24578/1/Beneficios%20del%20arbolado%20urbano.pdf>

Santibáñez, F. y Uribe, J. M. 1993 - Atlas Agroclimático de Chile. Regiones Sexta, Séptima, Octava y Novena. Universidad de Chile y Ministerio de Agricultura.

Tonello, M. L.; Chiesa, A.; Fernández, C.; Pérez, F. 2010 - Descripción de especies vegetales para arbolado público urbano, Ministerio de Asuntos Agrarios. Disponible en: <http://www.maa.gba.gov.ar/2010/SubPED/Agricultura/archivos/Descripcion%20de%20especies%20vegetales%20para%20arbolado%20urbano.pdf>

Zobel, B; Talbert, J. 1984 - Applied Forest Tree Improvement. John Wiley & Sons, New York. 505 p.

ANEXO



Imagen 1. *Plantín de fresno.*



Imagen 2. *Plantines de fresno en speedlings (invernáculo).*



Imagen 3. *Determinación del peso seco con balanza.*