

Volumen 19 N° 2
Agosto 2013

ISSN 0718 - 4530 Versión impresa
ISSN 0718 - 4646 Versión en línea

CIENCIA E INVESTIGACIÓN FORESTAL



**INSTITUTO FORESTAL
CHILE**



VOLUMEN 19 N° 2

**CIENCIA E
INVESTIGACION
FORESTAL**

AGOSTO 2013

**INSTITUTO FORESTAL
CHILE**

CIENCIA E INVESTIGACION FORESTAL es una revista científica, arbitrada, periódica y seriada del Instituto Forestal, Chile, que es publicada en abril, agosto y diciembre de cada año.

| | | | |
|----------------------|--------------------------|---------------------|------------|
| Director | Hans Grosse Werner | INFOR | Chile |
| Editor | Santiago Barros Asenjo | INFOR - IUFRO | Chile |
| Consejo Editor | Santiago Barros Asenjo | INFOR - IUFRO | Chile |
| | Braulio Gutiérrez Caro | INFOR | Chile |
| | Jorge Cabrera Perramón | INFOR | Chile |
| Comité Editor | José Bava | CIEFAP | Argentina |
| | Leonardo Gallo | INTA | Argentina |
| | Mónica Gabay | SAYDS | Argentina |
| | Heinrich Schmutzhenhofer | IUFRO | Austria |
| | Marcos Drumond | EMBRAPA | Brasil |
| | Miguel Espinosa | UDEC | Chile |
| | Sergio Donoso | UCH | Chile |
| | Vicente Pérez | USACH | Chile |
| | Camilo Aldana | CONIF | Colombia |
| | Glenn Galloway | CATIE | Costa Rica |
| | José Joaquín Campos | CATIE | Costa Rica |
| | Ynocente Betancourt | UPR | Cuba |
| | Carla Cárdenas | MINAMBIENTE - IUFRO | Ecuador |
| | Alejandro López de Roma | INIA | España |
| | Isabel Cañelas | INIA - IUFRO | España |
| | Gerardo Mery | METLA - IUFRO | Finlandia |
| | Markku Kanninen | CIFOR | Indonesia |
| | José Antonio Prado | FAO | Italia |
| | Concepción Lujan | UACH | México |
| | Oscar Aguirre | UANL | México |
| | Margarida Tomé | UTL - IUFRO | Portugal |
| Zohra Bennadji | INIA - IUFRO | Uruguay | |
| Florencia Montagnini | U Yale - IUFRO | USA | |
| John Parrotta | USDAFS - IUFRO | USA | |
| Oswaldo Encinas | ULA | Venezuela | |
| Ignacio Díaz-Maroto | USC | España | |

| | | |
|-----------|--|---|
| Dirección | INSTITUTO FORESTAL Sucre 2397 - Casilla 3085 Fono 56 2 3667115 Correo electrónico | Santiago, Chile www.infor.cl santiago.barros@infor.cl |
|-----------|--|---|

La Revista no se responsabiliza por los conceptos, afirmaciones u opiniones vertidas por los autores de las contribuciones publicadas.

Se autoriza la reproducción parcial de la información contenida en la publicación, sin previa consulta, siempre que se cite como fuente a Ciencia e Investigación Forestal, INFOR, Chile.

ESTUDIO DE PRODUCTOS FORESTALES NO MADEREROS (PFNM) EN LA REGIÓN DE AYSÉN, CHILE

Salinas, J.¹; Moya, I.¹ y Gómez, C.²

RESUMEN

Los bosques nativos de Chile cubren una superficie de más de 13 millones de hectáreas y de esta superficie cerca de un 32% se encuentra en la Región de Aisén. Estos bosques albergan una amplia variedad de Productos Forestales no Madereros (PFNM), que han sido utilizados históricamente por las poblaciones indígenas y campesinas, destacando productos con potencial médico, alimenticio, decorativo y de abrigo.

Este tipo de productos secundarios de los bosques es de importancia para las comunidades rurales, que los recolectan para su propio consumo y para comercializarlos, y han estado adquiriendo una particular relevancia dada por el creciente interés de los mercados nacionales y externos por productos naturales, en especial por aquellos de carácter alimenticio, como hongos, frutos y otros. Las exportaciones chilenas de estos productos están en aumento anualmente y alcanzan ya a unos US\$ 80 millones.

Se estima que actualmente en el país estos productos generan más de 200 mil empleos en zonas rurales, con una marcada connotación de género y un efecto de retención de población rural que aminora la migración de esta a los centros urbanos. La recolección de estos productos en Aisén es una actividad silenciosa, no reconocida en los circuitos productivos locales, y de bajo desarrollo tecnológico. No hay programas que fomenten y controlen la actividad y sus prácticas de cosecha, por lo que se pone en riesgo la sostenibilidad de algunos de estos recursos, y existen algunos poderes de compra esporádicos y foráneos que provocan distorsión de precios a nivel de monopsonio. Sin embargo, se percibe un gran potencial en la puesta en valor estos productos como bienes adicionales generados en los ecosistemas forestales.

El objetivo del presente trabajo fue realizar un estudio de los PFNM en la Región de Aisén y constituye un primer acercamiento a los actores dedicados a la actividad para visualizar los principales recursos y los productos con mayor potencial económico. El estudio se concretó a través de la aplicación de encuestas y entrevistas a personas que se dedican a la actividad de recolección y comercialización de PFNM, reuniendo información sobre los recursos recolectados y las prácticas de generación de valor asociadas. Para el análisis de la información se elaboraron matrices sistematizadas para la obtención de frecuencias y medidas de variabilidad, utilizando un enfoque comparativo entre variables.

Los resultados obtenidos, indican que la actividad de recolección, dentro de la diversidad de labores que se efectúa en el espacio rural, genera sobre el 20% del ingreso total en más de un tercio de la población entrevistada. Es una actividad desarrollada esencialmente por mujeres, en el 87% de los casos, y el aprendizaje se origina principalmente en la familia (45%).

Los productos que poseen mayor potencial comercial en la región son maqui, rosa mosqueta, calafate y morchella. Sin embargo, en la región hay un largo listado de PFNM identificados y otros que no fueron posibles catastrar.

Palabras claves: Patagonia chilena, Productos forestales no madereros, Maqui, Morchella, Rosa mosqueta.

¹ Ingenieros Forestales, Instituto Forestal, Sede Patagonia, Coyhaique, Chile. jsalinas@infor.cl; imoya@infor.cl

² Consultora privada, Coyhaique, Chile. cgnomenn@gmail.com

SUMMARY

Native forests in Chile cover over than 13 million hectares and about 32% of this area corresponds to the Aisén Region. Associated to the native forests there is a wide variety of Non Wood Forest Products (NWFP), which have historically been used by indigenous and peasant farmer communities, especially products with medicinal, food, decorative or shelter potential.

These secondary forest products are important to rural communities which collect them for covering their own needs or for sale, and are gaining a particular relevance because of the increasing interest in local and foreign markets for natural products, especially those related to foods, such as fungus, fruits and others. Chilean exports of this kind of products are annually increasing and are already close to US\$ 80 million.

At the national level it is estimated that at present NWFP are generating over than 200 thousand employments in rural areas, with high women participation and a good effect on reducing migration to urban centers. NWFP collection in Aisén is a quiet activity, not recognized in the local production sphere. There are no promotion and control programs, current harvesting practices represent a risk to products sustainability, and there are some occasional and foreign buyers who distort the prices at monopsony level. However, a great potential is foreseen in the valuation of these products as additional native forest goods.

The research main objective is a review of NWFP in the region through a first approach to the stakeholders to identify the main resources and those with a greater economic potential. The study was developed through direct surveys to stakeholders, to gather information on collected resources and the associated add value practices. Systematized matrixes were elaborated to obtain frequencies and variability measures using a variables comparative standpoint.

The results show that the collection activity, under the frame of the variety of activities developed in the rural sphere, generates over than 20% of the total income to more than one third of the survey respondents, is a work developed mainly by women (87%) and the learning mainly comes from the family (45%).

Products with the higher economic potential are Maqui, Rosa Mosqueta and Morchella, but there are in the Region a number of identified NWFP and others which was not possible to register.

Key words: Chilean Patagonia, Non Wood Forest Products, Maqui, Morchella, Rosa mosqueta.

INTRODUCCION

Los Productos Forestales No Madereros (PFNM), conocidos internacionalmente como *Non Timber Forest Products* (NTFP) o *Non Wood Forest Products* (NWFP), corresponden a una denominación comúnmente utilizada para un sector de la producción forestal que todavía no tiene una terminología consensuada. FAO (1999) los define como “bienes de origen biológico, distintos de la madera, derivados del bosque, de otras áreas forestales y de los árboles fuera de los bosques”.

Los bosques nativos de la Región de Aisén representan cerca del 32% de la superficie de bosques nativos de Chile, según la última actualización del Catastro del Bosque Nativo. En ellos se encuentran diferentes Productos Forestales no Madereros (PFNM), como maqui, frutilla silvestre, líquenes, follaje, coligue, rosa mosqueta, calafate, hongos comestibles, hierbas de uso medicinal o tintóreo, flora melífera, y otros, lo que da cuenta de una riqueza no reconocida formalmente en los circuitos productivos locales, pero muy valorada en las zonas rurales.

Durante la temporada 2013, este rubro genera al país un ingreso anual de US\$FOB 80,1 millones, aumentando un 7,5% respecto al monto obtenido durante el año anterior (INFOR, 2014). Se mantienen crecimientos promedio anuales en torno al 9% en las últimas dos décadas y se amplían sustancialmente los mercados de destino, posicionando la recolección de PFNM como una actividad demandante de mano de obra, con alta connotación de género y que contribuye a la retención de la población rural.

La recolección de PFNM en la Región de Aisén es una actividad fuertemente arraigada en las localidades rurales. Si bien posee obvias implicancias económicas para las familias y sus ingresos, se carecía de conocimiento en la región sobre el desarrollo de los recursos naturales involucrados, las características de los procesos de producción y comercialización, y las potencialidades de crecimiento.

La importancia de valorizar los PFNM, ha hecho cambiar el paradigma sobre la función del bosque nativo, que ya no puede ser únicamente la generación de productos maderables, y esto motivó la elaboración del presente trabajo, que busca conocer la actividad de recolección y los productos que se recolectan para dar una valoración extra a este recurso de la Patagonia de Aisén.

OBJETIVO

El objetivo del presente trabajo fue estudiar y catastrar los Productos Forestales no Madereros (PFNM) presentes en la Región de Aisén, a través de un estudio descriptivo, constituyendo el primer acercamiento a los actores dedicados a la actividad de recolección.

METODOLOGIA

El presente trabajo se enmarca en el paradigma de investigación post-positivista y corresponde a un estudio cuantitativo, de carácter exploratorio, que rescata información de los Productos Forestales No Madereros de la Región de Aisén, y constituye un primer acercamiento a los actores relacionados con la recolección, producción y comercialización de estos productos, representando parte importante de su cadena productiva.

Levantamiento de Información

El estudio rescató información en la mayoría de las localidades y comunas de la Región de Aisén, de acuerdo a una serie de etapas secuenciales que son descritas a continuación:

-Elaboración de Encuesta

El equipo técnico de INFOR sede Patagonia elaboró una encuesta, con el apoyo del Instituto Nacional de Estadística (INE), que fue consensuada con profesionales integrantes de la

-Reunión-Taller

Con profesionales de instituciones del AGRO y Municipalidades, el equipo sostuvo reuniones en las distintas localidades de la región, con el fin de entregar información y capacidades sobre los PFMN a funcionarios de INDAP, CONAF, SAG y PRODESAL, hacerlos partícipes del estudio y establecer un marco de cooperación para el levantamiento de información. Dada la información sobre los temas generales en torno a los PFMN, se da inicio a un proceso de sociabilización de la encuesta, para lo cual se planificó un taller de trabajo que permitió conocer los detalles de esta.

-Reunión con la Comunidad

El objetivo de esta actividad fue convocar a personas interesadas, que además trabajan con PFMN. Para la convocatoria se realizó avisos radiales e invitaciones dirigidas. Esta reunión incluyó una presentación técnica, que abordó los conocimientos generales y posteriormente las estadísticas y el mercado de PFMN, los principales productos presentes en la región y sus usos, para finalmente entrevistar a los recolectores y obtener los primeros antecedentes respecto de la población objetivo.

Procesamiento de Datos y Análisis de la Información

Terminada la etapa de recopilación de la información, las encuestas fueron ordenadas e ingresadas a una base de datos digital. Se procedió a analizarlas de dos formas de acuerdo al tipo de pregunta que se tratase.

En el caso de las preguntas cerradas, se elaboró matrices de datos sistematizadas en planillas de formato Microsoft Excel, con el fin de filtrar los campos de interés, y se obtuvo los resultados de frecuencias para cada una de ellas. Dependiendo del tipo de datos, se consideró también medidas de variabilidad.

Los resultados de las preguntas abiertas fueron ordenados de acuerdo a la estructura general de clasificación de PFMN, propuesta para el país. El análisis de los datos se realizó mediante un enfoque comparativo, el cual se presenta en los comentarios y observación a cada variable.

RESULTADOS

Antecedentes Generales de los Recolectores

Los potenciales entrevistados, derivaron en su totalidad de pobladores de localidades rurales y fueron contactados según avanzaba el estudio. A las personas que finalmente constituyeron el grupo objetivo se las caracterizó según los rasgos que se indica continuación.

-Composición por Género

Se entrevistó un total de 105 personas, las cuales en su mayoría fueron mujeres (87%), lo cual se explica por el hecho que la actividad de recolección, dentro de la diversidad de actividades que se efectúa en el espacio rural, es una actividad esencialmente femenina. La participación de hombres en labores de recolección representó un 13%, demostrando que hay prioridad por otras actividades productivas, como la ganadería y leña principalmente.

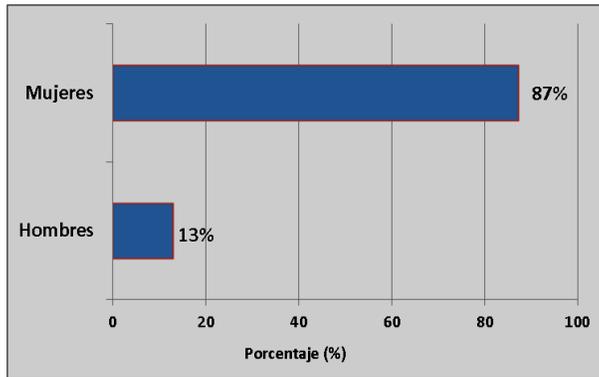


Figura N° 1
COMPOSICIÓN POR GÉNERO DE PERSONAS ENTREVISTADAS

-Ubicación Geográfica

El grupo de recolectores entrevistados se encuentra distribuido principalmente en siete comunas de la región. Sin embargo, se estima que existe una participación de recolectores en la totalidad de comunas de la región. La comuna con mayor presencia de recolectores (35,2%) fue Cochrane, seguida por Aisén y Río Ibáñez con 20% cada una.

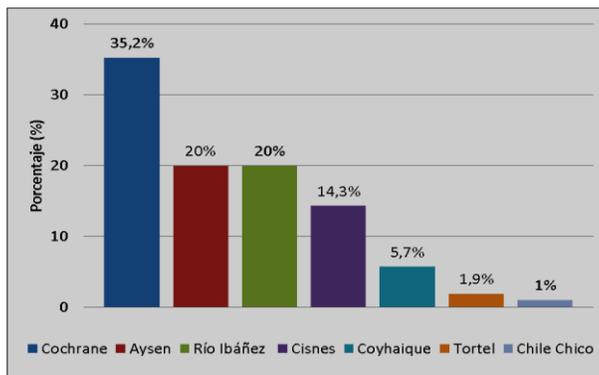


Figura N° 2
PARTICIPACIÓN PORCENTUAL DE RECOLECTORES POR COMUNA

-Rango Etáreo

Al agrupar a los recolectores en rangos de cerca de 10 años edad, se aprecia que un porcentaje significativo (37%) está dado por jóvenes o adultos jóvenes. Información de importancia ya que esta situación tiene consecuencias, tanto en la proyección de la actividad como en la sustentación para la creación de programas que impulsen su desarrollo, asignando recursos para tal efecto. El 50% de los entrevistados se encuentra entre los 40 – 60 años, situación que respalda el aprendizaje y mantención de conocimiento entregado por prosapia.

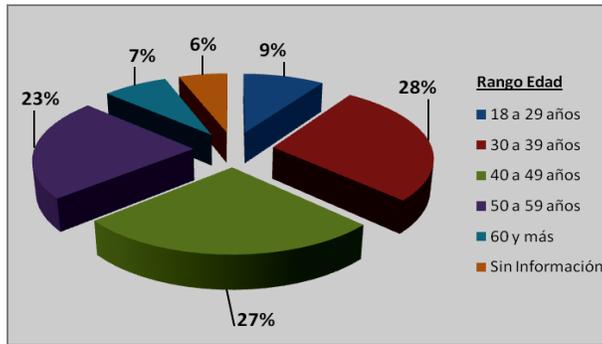


Figura N° 3
COMPOSICIÓN DE ENCUESTADOS POR RANGO DE EDAD

-Nivel de Escolaridad

La información obtenida indica un bajo nivel de escolaridad. Del total de personas entrevistadas, un 59% posee solo educación básica. Al mismo tiempo llama la atención que el 3% presenta formación universitaria y se dedica a actividades relacionadas con PFM.

Cuadro N° 1
NIVEL DE ESCOLARIDAD DE PERSONAS ENTREVISTADAS

| Variables | Entrevistados | |
|-------------------------|---------------|------------|
| | (N°) | (%) |
| Educación Básica | 62 | 59 |
| Educación Media | 30 | 29 |
| Educación Técnica | 6 | 5 |
| Educación Universitaria | 3 | 3 |
| Sin Educación Formal | 2 | 2 |
| Sin Información | 2 | 2 |
| Total | 105 | 100 |

-Pertenenencia a Pueblos Originarios

Dentro del grupo, el 66% señaló pertenecer a un grupo o pueblo originario. En todos los casos sostuvieron pertenecer al pueblo mapuche, mientras que cerca de un tercio del total (30%) indica no poseer descendencia indígena. El alto número de personas pertenecientes a grupos originarios explicaría la pertenencia cultural de la recolección de recursos en los bosques.

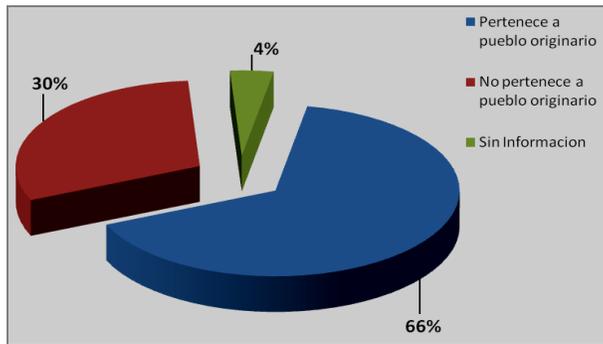


Figura 4
PERTENENCIA A PUEBLOS ORIGINARIOS DE LOS ENTREVISTADOS

Antecedentes de la Actividad de Recolección

-Antigüedad en Actividades de Recolección

Al consultar por la cantidad de tiempo (años) que tienen en actividad de recolección, se obtiene que el 67% recolecta desde hace más de cinco años. Este dato da cuenta del arraigo de esta actividad en las personas entrevistadas.

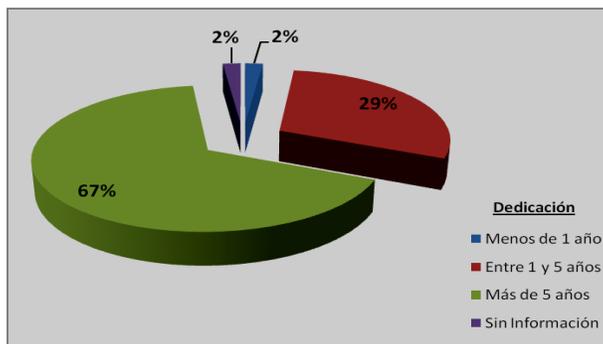


Figura N° 5
ANTIGÜEDAD EN ACTIVIDADES DE RECOLECCIÓN

-Aprendizaje de la Actividad

Las personas entrevistadas señalaron que la fuente más importante de aprendizaje para esta actividad es el grupo familiar (45%) o el ámbito de las personas cercanas. El aprendizaje resulta entonces, ser esencialmente empírico. Algunas personas mencionaron más de una forma o fuente de aprendizaje y, para los efectos estadísticos, se priorizó la de mayor importancia. Existe bajo grado de capacitación formal, ya sea por servicios públicos o empresas privadas (16%), lo que radica principalmente en el desconocimiento del rubro a nivel regional y del posible potencial que se puede llegar a desarrollar.

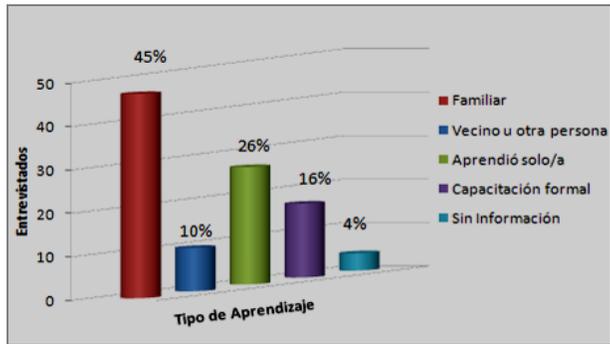


Figura N° 6
APRENDIZAJE DE LA ACTIVIDAD

-Capacitación

En la Figura N° 6 se aprecia que solo el 16% de los entrevistados recibió capacitación formal para aprender esta actividad y para este caso, el origen de esta capacitación formal se puede observar en la Figura N° 7.

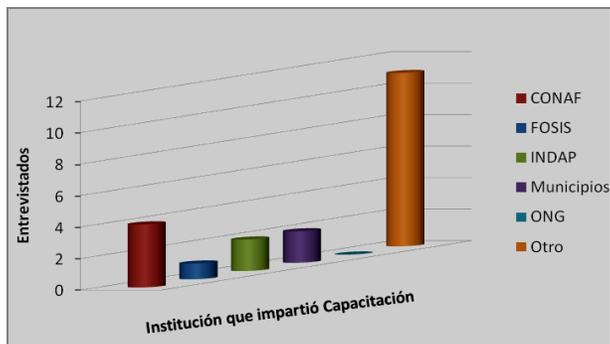


Figura N° 7
ORIGEN DE CAPACITACIÓN FORMAL

Un 55% del total de personas manifiesta poseer capacitación a través de la empresa regional Comercial Mañihuales Ltda. Empresa que se dedicaba principalmente a la compra de morchella y, en menor medida, rosa mosqueta y maqui. El 20% de los entrevistados manifiesta que ha participado en capacitaciones de CONAF (Corporación Nacional Forestal), institución que con la implementación de la Ley 20.283 realizó capacitaciones sobre PFM. También se observa la participación de INDAP y Municipios (10% cada una) a través de sus departamentos de fomento.

-Participación de la Familia

Respecto del número de personas pertenecientes al grupo familiar, que participan activamente en las actividades de recolección, el 89% sostuvo que más de un familiar se encuentra involucrado en esta actividad, que generalmente son los hijos. Esto refleja que la recolección forma parte significativa del repertorio de actividades económicas del grupo familiar y puede constituir una importante actividad conducente a la retención de la población en zonas rurales.

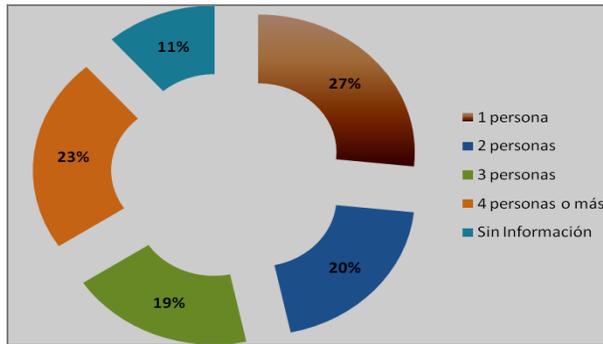


Figura N° 8
NÚMERO DE PERSONAS DEL GRUPO FAMILIAR QUE PARTICIPAN EN LA RECOLECCIÓN

-Gravitación en el Ingreso Familiar

El porcentaje de los ingresos del grupo familiar derivados de la recolección resulta significativo; para un 33% de los encuestados estos ingresos corresponden a más del 21% del ingreso familiar. Sin embargo, por la naturaleza de la información que sugiere esta pregunta, hubo gran cantidad de personas (33%) que no respondió. Cabe señalar que un 34% de los entrevistados, afirman que a través de actividades relacionadas con los PFNM generan hasta un 20% de sus ingresos mensuales, hecho que debería incrementarse en la temporada de morchella, cuando puede llegar hasta el 100%.

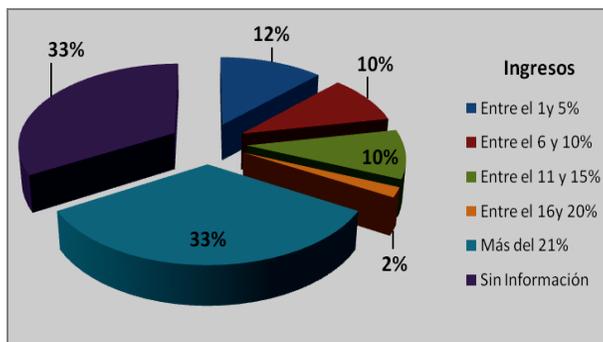


Figura N° 9
PORCENTAJE DEL INGRESO FAMILIAR QUE GENERAN LAS ACTIVIDADES EN TORNO A PFNM

-Productos Recolectados

La diversidad de recursos nombrados por las personas es amplia y variada, lo que demuestra la potencialidad de esta actividad, en términos del mejoramiento de las economías familiares y principalmente de la agricultura familiar campesina.

Los recursos que cobran mayor importancia se asocian a los alimentos y a las hierbas medicinales. En las Figuras N° 10 a N° 12 se presenta algunos de los productos que en la actualidad son recolectados y aprovechados por las personas en la región. Estos productos fueron clasificados siguiendo la estructura general de los PFNM, propuesta para el país.

ALIMENTOS

Maqui (*Aristotelia chilensis*)



Rosa mosqueta (*Rosa rubiginosa*)



Calafate (*Berberis sp.*)



Morilla (*Morchella sp.*)



Cauchao (*Amomyrtus luma*)



Frutilla (*Fragaria chiloensis*)



Producción de Miel



Nalca (*Gunnera magellanica*)



Hongos comestibles



Figura N° 10
PRINCIPALES PRODUCTOS ALIMENTICIOS

PLANTAS MEDICINALES

Matico (*Buddleja globosa*)



Sauco (*Sambucus nigra*)



Salvia (*Salvia officinalis*)



Canelo (*Drimys winterii*)



Ortiga (*Urtica urens*)



Paramela (*Adesmia balsamica*)



Figura N° 11
PRINCIPALES HIERBAS MEDICINALES

ORNAMENTALES, ARTESANIAS Y TINTOREAS



Figura N° 12
ALGUNOS PRODUCTOS USADOS EN ORNAMENTACIÓN, ARTESANÍA Y TEÑIDOS.

Caracterización de la Recolección

-Recolección según Producto

Los productos que mayoritariamente se recolectan son mosqueta, calafate, morchella y maqui, con un 28, 16, 15 y 11%, respectivamente. La gran mayoría señaló recolectar más de un producto y fue mencionada una variedad de recursos que incluyen plantas, arbustos y hierbas medicinales típicas de la zona. No obstante, indicaron bajo el concepto de recolección algunas hierbas, frutas y hortalizas, que no corresponden a la categoría de PFNM.

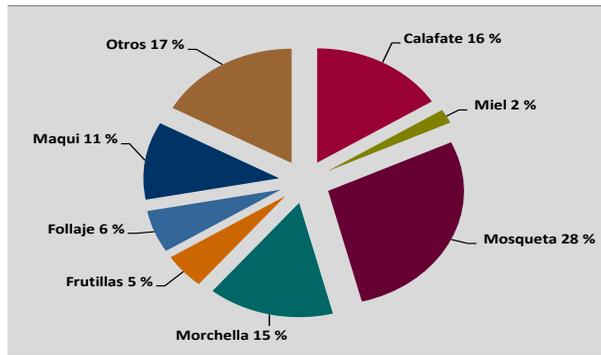


Figura N° 13
RECOLECCIÓN SEGÚN PRODUCTO

-Productos según Localidades

De acuerdo a las localidades donde se efectúa la recolección, existen productos principales en cada una de ellas. Destaca la presencia de maqui y follaje en la comuna de Aisén, principalmente en las localidades de Mañihuales y Valle Laguna. La rosa mosqueta se concentra en Cochrane, Río Ibáñez y Cisnes, con un 30, 29 y 20%, respectivamente.

La mayor concentración de morchella se localiza en la comuna de Cochrane (87%), asociado a los bosques de *Nothofagus spp*, sin embargo, es común encontrarla en otras localidades tales como Villa Ortega, Coyhaique, Balmaceda, Guadal, Lago Verde y Tapera.

El calafate indistintamente de la especie que se trate, se distribuye en varias localidades de la región, pero es más común encontrarlo en la comuna de Río Ibáñez.

Cuadro N° 2
RECOLECTORES SEGÚN PRODUCTO RECOLECTADO Y LOCALIDAD

| Comuna | Maqui | Calafate | Miel | Mosqueta | Morchella | Frutillas | Follaje | Otros |
|-----------------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Aisén | 16 | 4 | - | 4 | - | - | 11 | 13 |
| Chile Chico | 1 | 1 | - | 1 | - | 1 | - | - |
| Cisnes | 3 | 7 | - | 11 | - | 2 | - | 8 |
| Cochrane | - | 3 | - | 17 | 26 | 3 | - | 3 |
| Coyhaique | - | 1 | 1 | 5 | 3 | 4 | - | 1 |
| Río Ibáñez | - | 12 | 2 | 16 | - | - | - | 8 |
| Tortel | 1 | 1 | - | - | - | - | 1 | 2 |
| Sin Información | 2 | 3 | - | 2 | 1 | - | 1 | - |
| Total | 23 | 32 | 3 | 56 | 30 | 10 | 13 | 35 |

La diversidad de recursos, en relación al número de personas consultadas en cada comuna, resulta bastante similar, con la sola excepción de los recolectores de *morcella* que se concentran en la comuna de Cochrane.

En relación al porcentaje de participación de las localidades, destaca la comuna de Cochrane con un 26%, seguida de Aisén y Río Ibáñez con 24% y 19% respectivamente. Calafate se encontró, en mayor o menor medida, en todas las Localidades visitadas.

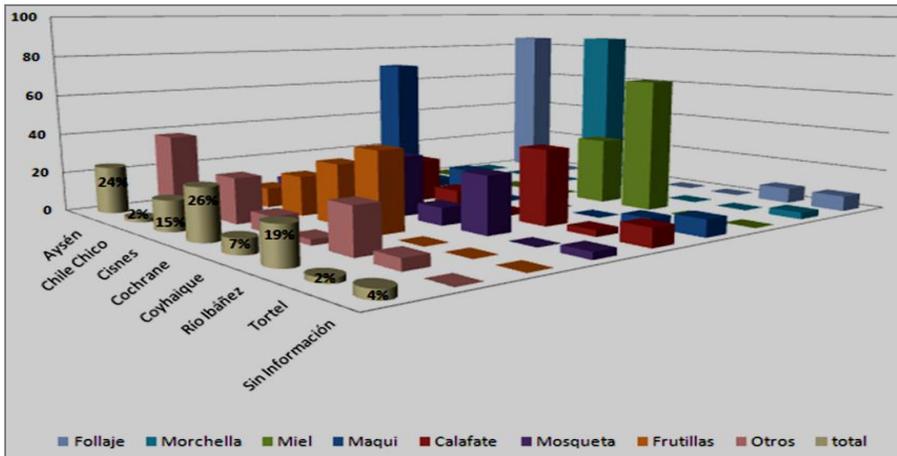


Figura N° 14
PRODUCTOS RECOLECTADOS SEGÚN UBICACIÓN GEOGRÁFICA (%)

-Propiedad del Lugar de Recolección según Productos

La recolección en general se efectúa principalmente en predios pertenecientes a terceros y en predios fiscales, solo la miel se recolecta solo en terrenos propios.

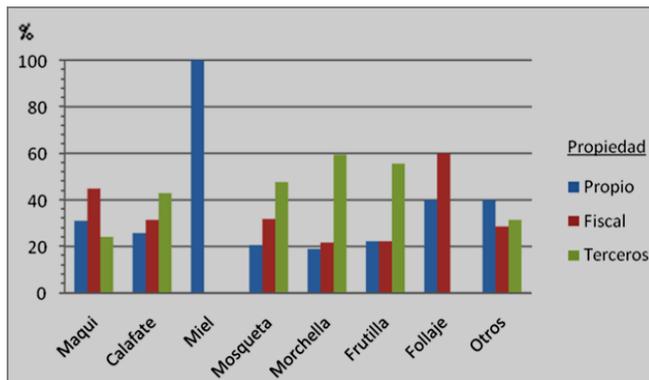


Figura N° 15
RECOLECCIÓN SEGÚN PROPIEDAD DE LA TIERRA (%)

Resulta interesante señalar que del total de los entrevistados solo una persona reconoce pagar por acceder al predio en el cual recolecta, no obstante que el 72% de los predios a los que se acude para recolectar es ajeno al recolector.

-Época de Colecta

La recolección se concentra mayoritariamente entre los meses de enero y marzo. El maqui es recolectado mayoritariamente en el mes de febrero al igual que el calafate, mientras que la rosa mosqueta es recolectada en su mayoría en marzo. En el caso de morchella el mes de mayor actividad es noviembre. Ninguno de los recursos estudiados, tiene su temporada alta durante los meses de invierno.

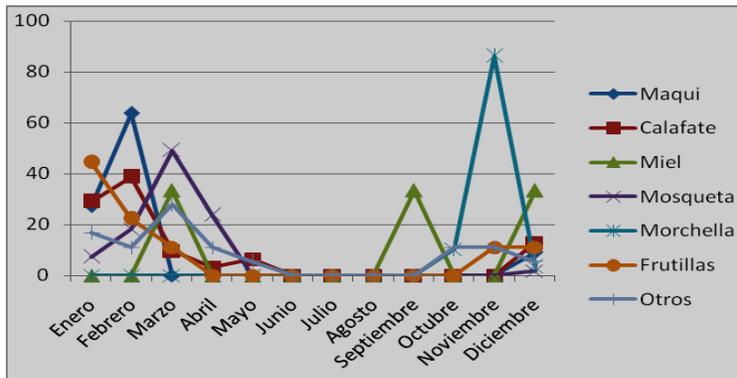


Figura N° 16
RECOLECCIÓN DE PRODUCTOS SEGÚN MES (%)

Antecedentes de los Productos Recolectados, Procesados y Comercializados

-Parte del Producto que se Recolecta

En términos generales se recolecta solo una parte del producto. El 25% de los entrevistados declaran dedicarse a recolectar maqui, de ellas todos recogen sus frutos. Solo 10 recolectoras, señalan recoger además las hojas y la corteza. En la recolección de frutilla silvestre solo se aprovecha el fruto, mientras que en el calafate además del fruto se utilizan las hojas y corteza, esta última principalmente para el teñido de lanas. En la recolección de morchella las personas declaran recolectar en un 100% el cuerpo fructífero del hongo.

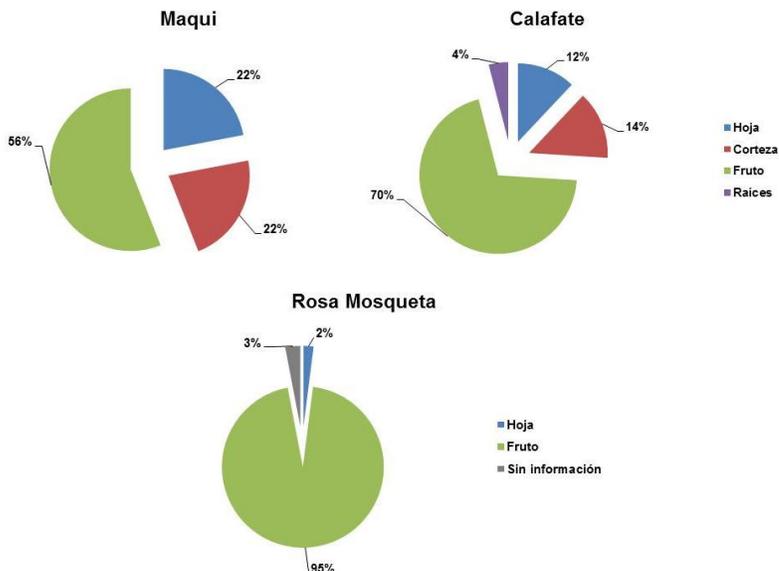


Figura N° 17
PARTE DEL PRODUCTO QUE SE RECOLECTA

-Objeto de la Recolección

En general, las personas recolectan en forma equivalente para venta y autoconsumo. Cuando venden, prefieren procesar el recurso.

Solo dos personas, ubicadas en la comuna de Cochrane, declararon ejercer como intermediarios, acopian morchella, la envían a la Región de la Araucanía y posteriormente se exporta a Europa.

Al revisar los resultados de procesamiento según recurso recolectado, se observa que un 80% del follaje está destinado al autoconsumo (arreglos florales principalmente), seguido por el maqui en donde un 54% es recolectado para el autoconsumo.

Por el contrario, en la recolección de morchella, cerca del 90% de lo recolectado se vende, es muy reducida la población que consume este hongo a nivel local.

El comercio de morchella mayoritariamente se entrega como producto fresco, sin embargo, también es entregado seco, aumentando considerablemente el precio (desde \$4.000/kg fresco a \$80.000 - 120.000/kg deshidratado). La relación en volumen del kilogramo fresco *versus* deshidratado es 1:10.

El calafate y la mosqueta son productos que la gente procesa en su mayoría para elaboración de mermeladas, licor, jugos entre otros, y se emplean en forma casi equivalente para autoconsumo y para venta.

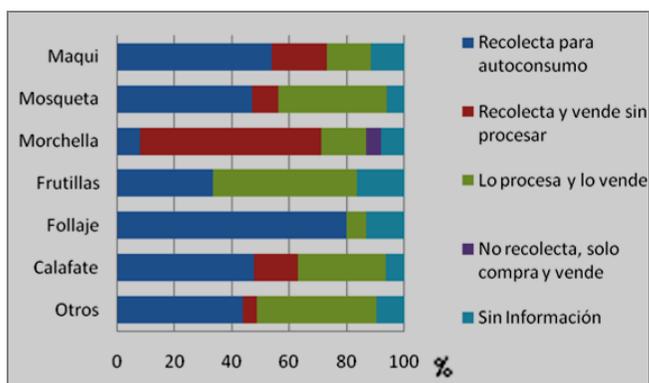


Figura N° 18
OBJETO DE LA RECOLECCIÓN SEGÚN PRODUCTO

-Tipo de Proceso según Producto

Los datos reunidos indican que los recolectores procesan el 64% de los recursos obtenidos. El principal proceso por el cual se agrega valor es la producción de mermeladas.

Otros procedimientos corresponden a la elaboración de licores, chichas, jugos y jarabes.

El principal recurso, al que se le agrega valor, es la mosqueta. Le sigue en importancia el calafate.

El producto que posee menor procesamiento es la morchella, dado que el 62.5% de las personas que recolectan este recurso, lo comercializa sin agregar valor (fresco).

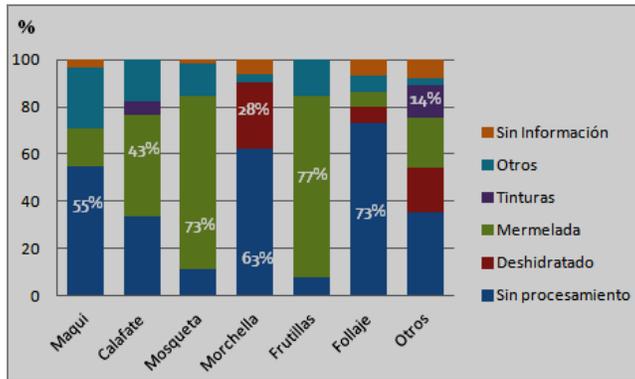


Figura N° 19
TIPO Y NIVEL DE PROCESAMIENTO SEGÚN PRODUCTO

-Clientes según Producto

Los entrevistados en su mayoría indican que al momento de vender sus productos, tienen más de un comprador. Su principal opción es la venta a particulares y turistas.

Cuadro N° 3
TIPO DE COMPRADOR

| Cliente | Maqui | Calafate | Mosqueta | Morchella | Frutillas | Follaje | Otros | Total |
|-------------------|-------|----------|----------|-----------|-----------|---------|-------|-------|
| Sin comprador | 13 | 15 | 13 | 3 | 3 | 11 | 14 | 72 |
| Planta de Proceso | 2 | | | 2 | | | | 4 |
| Ferías | 1 | 3 | 4 | | | | 2 | 10 |
| Negocio | 1 | | | 1 | | | | 2 |
| Particular | 7 | 17 | 24 | 10 | 4 | 1 | 12 | 75 |
| Intermediario | | | | 17 | | | 1 | 18 |
| Turistas | 3 | 9 | 10 | | 3 | 1 | 11 | 37 |
| Otro | | 2 | | 1 | | 1 | | 4 |
| Sin Información | 1 | | 9 | 1 | 2 | | 2 | 15 |

Se puede apreciar en el Cuadro N° 3 que un 32,6% de los recolectores para distintos productos indica no tener comprador, situación especialmente notoria en el caso del follaje, producto para el cual el 79% de los recolectores declara que no existe poder de compra para este recurso.

Cuadro N° 4
SITUACIÓN DE CLIENTES DE LOS RECOLECTORES ENTREVISTADOS.

| Producto | Sin comprador | Con comprador | Sin información |
|--------------|---------------|---------------|-----------------|
| Maqui | 13 | 14 | 1 |
| Calafate | 15 | 31 | |
| Mosqueta | 13 | 38 | 9 |
| Morchella | 3 | 31 | 1 |
| Frutilla | 3 | 7 | 2 |
| Follaje | 11 | 3 | |
| Otros | 14 | 26 | |
| Total | 72 | 150 | 13 |

-Tipo de Venta

Quienes señalaron comercializar maqui y sus derivados (licores, jugos, chicha, etc.), en su mayoría lo hacen al detalle. No se registró ninguna persona que indicara que su forma de venta fuera al detalle y al por mayor simultáneamente.

Morchella, es el recurso que registra más ventas al por mayor. Quienes venden de esta manera, lo hacen indistintamente a intermediarios, plantas procesadoras y a particulares. En su venta al detalle, lo cual equivale al 79% de la recolección, el comprador es en mayoritariamente un intermediario. Este recurso, reviste alto interés debido a que cuenta con un mercado que paga los mayores precios de todos los recursos estudiados y que a su vez tiene demanda a nivel de mayoristas.

Cuadro N° 5
TIPO DE VENTA DEL PRODUCTO

| Producto | Detalle | Por mayor | Sin venta | Sin información |
|--------------|------------|-----------|-----------|-----------------|
| Maqui | 9 | 3 | 13 | 1 |
| Calafate | 24 | | 13 | 6 |
| Mosqueta | 34 | 1 | 15 | 7 |
| Morchella | 22 | 6 | 2 | 3 |
| Frutilla | 6 | | 3 | 3 |
| Follaje | 2 | 1 | 11 | 1 |
| Otros | 20 | 1 | 15 | 2 |
| Total | 117 | 12 | 72 | 23 |

-Tipo de Envase

El uso de envases para los recursos está condicionado por su procesamiento. Las cifras indican claramente que para el caso de la mosqueta, al ser transformada en mermelada, se utiliza el tradicional envase de vidrio. El calafate también se procesa preferentemente como mermelada e igualmente se la envasa en vidrio. Para la morchella, en tanto se emplea bolsas de plástico. El maqui es recolectado en tarros plásticos y envasado en sacos.

Cuadro N° 6
TIPO DE ENVASES UTILIZADOS PARA LA CONSERVACIÓN Y VENTA DE PRODUCTOS

| Producto | Bolsa plástica | Bolsa papel | Envase vidrio | Caja cartón | Caja madera | Saco | Envase plástico | Otro | Sin inf. |
|--------------|----------------|-------------|---------------|-------------|-------------|-----------|-----------------|-----------|-----------|
| Maqui | 4 | | 8 | | | 1 | 7 | 2 | 4 |
| Calafate | 6 | | 23 | | | 2 | 6 | 3 | 1 |
| Mosqueta | 6 | | 44 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 4 |
| Morchella | 16 | 2 | | 1 | 1 | 4 | | 8 | 3 |
| Frutillas | 1 | | 7 | | | | 1 | | 3 |
| Follaje | 2 | 1 | 1 | | | | 9 | | 1 |
| Otros | 5 | 3 | 13 | | | 1 | 9 | 2 | 2 |
| Total | 40 | 6 | 96 | 2 | 2 | 10 | 34 | 16 | 18 |

-Precios

El maqui y el calafate son comercializados preferentemente como fruto a granel, como mermelada y como licor.

La miel es procesada y vendida a compradores particulares, al detalle, en envases de plástico y vidrio.

La mosqueta se vende generalmente por kilogramo de fruto a granel, también procesado

como mermelada o bien en pulpa. Las frutillas son procesadas en su mayoría como mermeladas.

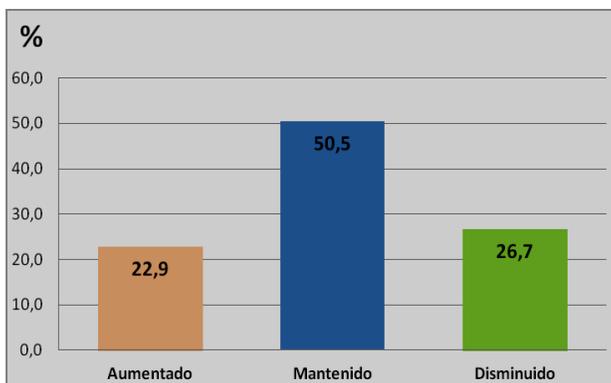
Respecto del follaje no se dispone de información suficiente en este aspecto, lo cual resulta coherente con el hecho que este recurso prácticamente no se comercializa.

**Cuadro N° 7
PRECIO DE PRODUCTOS SEGÚN FORMATO DE VENTA**

| Producto | Fruto granel (\$/kg) | Mermelada (\$/kg) | Licor (\$ 700/cc) | Miel (\$/kg) | Hongo fresco (\$/kg) | Hongo deshidratado (\$/kg) |
|-----------|-------------------------|----------------------|----------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------------|
| Maqui | 500 - 3.500 | 5.000 - 6.000 | 2.000 - 3.500 | | | |
| Calafate | 500 - 1.500 | 6.000 | 4.000 | | | |
| Miel | | | | 2.000 - 3.000 | | |
| Mosqueta | 500 - 1.000 | 2.000 - 5.500 | 2.000 - 3.500 | | | |
| Morchella | | | | | 2.000 - 10.000 | 80.000 - 120.000 |
| Frutillas | 2.000 - 3.000 | 5.000 - 6.000 | | | | |

-Disponibilidad del Recurso

Respecto de la disponibilidad de los recursos para recolección, los entrevistados perciben mayoritariamente que estos se han mantenido en el tiempo, su opinión deriva de su contacto directo con los recursos y corresponde a una apreciación global de todos los recursos simultáneamente.



**Figura N° 20
PERCEPCIÓN SOBRE LA DISPONIBILIDAD DE LOS RECURSOS**

Cuando se consultó a los entrevistados por las razones que explican la disponibilidad de los recursos en el tiempo, responden señalando más de una opción para explicar estos cambios en los casos que consideran que ha variado.

La mayoría de personas (48%) no mantiene información del estado actual de los recursos o no sabe. Este hecho, responde a una asimetría de información en el rubro de los PFNM. Solo el 13% atribuye disminuciones a mayor presión sobre el recurso.

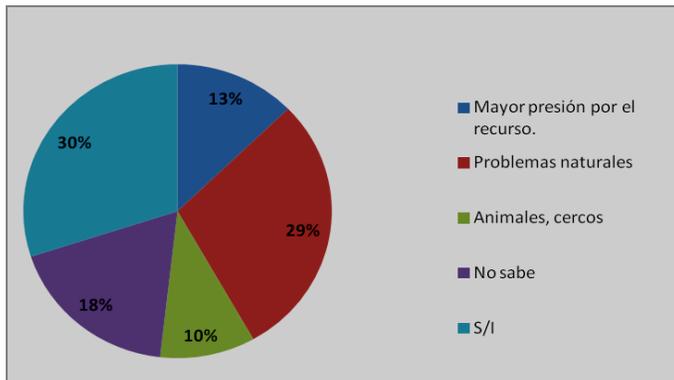


Figura N° 21
RAZONES QUE EXPLICAN LA DISPONIBILIDAD DE LOS RECURSOS

-Necesidades de los Recolectores para Comercializar sus Productos

Ante la consulta sobre los aspectos de su actividad que debieran potenciarse para impulsar sus ventas, señalaron en primer término el acceso a los mercados, seguido de la necesidad de contar con capacitación específica para sus requerimientos y finalmente aspectos de infraestructura y asociatividad.

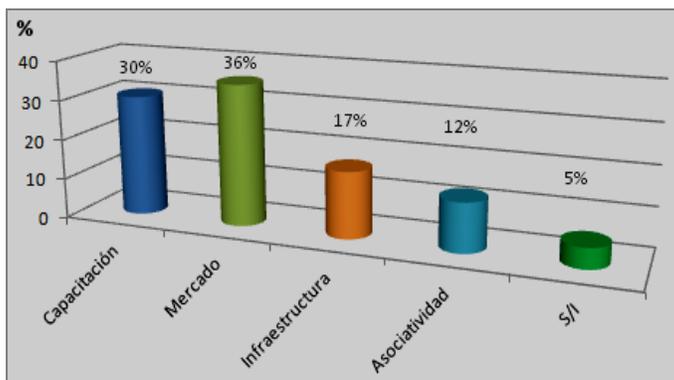


Figura N° 22
NECESIDADES PARA AUMENTAR CAPACIDAD DE VENTA

CONCLUSIONES

En la Patagonia chilena la recolección de PFMN constituye una actividad de gran tradición y arraigo entre las familias rurales. Si bien es de pequeña escala y desarrollada con métodos artesanales, constituye una práctica relevante en el contexto de la economía de las personas entrevistadas.

La actividad de recolección, dentro de la diversidad de actividades que se efectúa en el espacio rural, es esencialmente femenina. El estudio indicó que el 87% de la participación en la recolección está representada por mujeres.

Los jóvenes menores de 30 años en su mayoría no se dedican a la actividad de recolección, el 80% de los recolectores se encuentra entre los 30 y 60 años.

Existe una percepción de proyección de la actividad de recolección en la región.

El grado de escolaridad de los recolectores es bajo, cerca del 60% de los entrevistados ha cursado solo educación básica. Esto indica la necesidad de generar programas de capacitación específica en el tema.

Más del 60% de los entrevistados dice pertenecer a una etnia originaria y cerca del 50% menciona que el aprendizaje de la actividad lo adquirió en el ámbito familiar. La importancia de esta actividad en el ingreso familiar, se refleja en que un 34% de los entrevistados menciona que más del 20% de sus ingresos proviene de actividades ligadas a los PFMN, y puede llegar en épocas del año al 100%.

El recurso que reviste mayor interés en términos económicos es la morchella, aunque su recolección se encuentra acotada a sectores geográficos limitados. La mosqueta, el maqui y calafate resultan interesantes dada su amplia cobertura geográfica, arraigo de la práctica de su recolección y posibilidades de venta y aumento de demanda externa.

Es necesario tener presente que los predios de terceros y los predios fiscales constituyen los principales sectores en donde se desarrolla la recolección, lo cual podría tornarse en un factor de fragilidad ante una propuesta de crecimiento de la actividad.

Debido al carácter tradicional de la actividad y la forma rústica de tratar los recursos, la recolección de los productos estudiados presenta múltiples deficiencias. Los procesos de agregación de valor son simples, en tanto que la comercialización se efectúa dentro del marco de la economía informal, con acceso restringido a los mercados.

REFERENCIAS

FAO, 1999. Hacia una definición uniforme de los Productos forestales no madereros. UNASYLVA 50(198): 63-64.

INFOR, 2014. Productos Forestales no Madereros (PFNM). Boletín N° 19. Santiago. Chile. 4pp. (En edición)

DESARROLLO MORFOGÉNICO EN MICROPROPAGACIÓN DE SEMILLAS DE *Eucalyptus nitens* MEJORADAS GENÉTICAMENTE

Obando Camino, Maritza³, Matamala, Felipe⁴, Carmona, Juan Carlos⁵

RESUMEN

El mejoramiento genético de *Eucalyptus nitens* requiere material genético de alto valor. El establecimiento de plantaciones clonales requiere de una propagación rápida, donde el enraizamiento es una característica de recalcitrancia.

Esta investigación analizó respuestas morfogénicas de semillas de cruzamientos controlados en micropropagación.

Se utilizó semillas de *E. nitens* de 6 cruzamientos controlados, para el control se utilizó mezcla familiar. Semillas estériles fueron sembradas en medio MS (1962) modificado, 100 mg/L inositol, 2% sacarosa, 0,7% agar, pH 5,7.

Para la inducción de brotes múltiples y elongación utilizó medio MS (1962) modificado, 0,25 mg/L BAP y 0,01 mg/L ANA. El enraizamiento se realizó en medio MS (1962) modificado, con regulador hormonal. Las vitroplántulas fueron mantenidas a 23°C, fotoperiodo 16/8 h, 25 $\mu\text{molm}^{-2}\text{seg}^{-1}$.

Para 203 clones establecidos de *E. nitens*, un 69% de ellos desarrollaron brotes múltiples, en 4 ciclos de subcultivo. En las semillas control se diferenciaron 32 clones, donde, un 86,5% desarrolló brotes múltiples.

En el cruzamiento A se diferenciaron 26 clones con 100% de multiplicación, para el cruzamiento F se multiplicaron 36% de los clones. De 89 clones diferenciados en semillas de cruzamientos, la cruz B obtuvo un 60% de enraizamiento y un 51% en la cruz E, para 32 clones control solo el 29% enraizaron.

Los resultados mostraron que no existieron diferencias significativas en multiplicación, entre las semillas mejoradas y control. Existieron diferencias significativas en enraizamiento entre las cruces B y E en relación al control.

El análisis de resultados se efectuó con ANOVA de una vía con 95% de confianza, Test de Tukey_{.05} y STATISTICA versión 6.0. Para graficar se utilizó GraphPad Prism 5.

Palabras claves: Micropropagación, enraizamiento, *Eucalyptus nitens*.

³ Universidad Arturo Prat, Concepción, Chile, maritzaobando@unap.cl

⁴ Universidad de Concepción, sede Los Angeles, Chile. felipematamala@udec.cl

⁵ Sponte Sua, Concepción, Chile.carmona.juancarlos@gmail.com

SUMMARY

The breeding of *Eucalyptus nitens* needs high value genetic seeds. The establishment of clonal plantations requires a fast propagation, where the rooting is a feature of recalcitrance.

This research studied morphogenic answers of seeds from controlled crosses in micropropagation.

E. nitens seeds from 6 controlled crosses were utilized and the control was from a family mix. Sterile seeds were cultivated in modified MS medium (1962), 100 mg/L myo-inositol, 2% sucrose, 0.7% agar, pH 5.7.

The multiple shoots and elongation induction was realized in modified MS medium (1962), 0.25 mg/L BAP and 0.01 mg/L ANA. Rooting was developed in modified MS medium (1962), with growth regulator. Shoots were maintained at 23°C, 16/8 h photoperiod, 25 $\mu\text{molm}^{-2}\text{seg}^{-1}$.

For 203 *E. nitens* clones, 69% of them differentiated multiple shoots in 4 culture cycles. In control seeds were differentiated 32 clones, where a 86,5% developed multiple shoots. The A cross differentiated 26 clones with 100% of multiplication, by F cross were obtained 36% of clones in multiplication. Of 89 clones differentiated from crosses, the B cross obtained 60% of rooting and E cross 51%, in 32 control clones only 29% registered rooting.

Results showed that there were no significant differences in multiplication between breeding seeds and control. Significant differences were found between B and E crosses rooting in relation to the control.

Results were analyzed with one way ANOVA with a 95% of confidence level, Tukey Test ($\alpha=0.05$) and STATISTICA version 6.0. Graphics were made with Graph Pad Prism 5.

Keywords: Micropropagation, rooting, *Eucalyptus nitens*.

INTRODUCCIÓN

Las especies de *Eucalyptus* son ampliamente empleadas en plantaciones a nivel mundial. Son especies originarias de Australia y se las planta en un rango amplio de condiciones ambientales, desde el nivel del mar a zonas precordilleranas y desde altas pluviometrias a zonas semiáridas. Varían en forma, desde arbustos a grandes árboles (Williams y Woinaski, 1997). Las 10 más importantes especies de *Eucalyptus* plantadas a nivel mundial incluyen a *E. grandis*, *E. camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. globulus*, *E. urophylla*, *E. viminalis*, *E. saligna*, *E. deglupta*, *E. excerta* y luego *E. citridiora*, *E. paniculata*, y de ellas las cuatro primeras resultan ser las más importantes a nivel industrial (Eldridge *et al.*, 1993)

Hoy día se considera a *Eucalyptus nitens* como la especie latifoliada de mejor proyección en la industria forestal nacional, debido a su alto incremento volumétrico anual, que en sitios de alta productividad supera los 40 m³/ha/año, con semillas de baja ganancia genética aún, y al hecho de que en algunos casos casi duplica el crecimiento de *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*. Por otra parte, es una especie que tiene una alta adaptabilidad a climas fríos, constituyendo una alternativa de plantación para zonas donde no es posible plantar *Eucalyptus globulus* debido a esta limitante. Diferentes estudios han demostrado la aptitud de esta especie para los procesos industriales de secado, aserrado y producción de láminas. De esta forma, Chile está frente a una especie potencialmente interesante para la industria forestal.

Inicialmente las plantaciones de *Eucalyptus nitens* se han realizado en el país con plantas procedentes de semillas de árboles de Victoria y Nueva Gales del Sur de Australia o de áreas productoras de semillas establecidas en el país con semillas originales de Australia. El establecimiento de huertos semilleros ha permitido el abastecimiento de semilla mejorada genéticamente la cual ha sido utilizada para producción de plantas en pequeñas cantidades aún.

Se ha trabajado en la reproducción vegetativa de la especie, siendo su limitada capacidad de enraizamiento la mayor dificultad para esto, aspecto que ha afectado el establecimiento de plantas de genotipos élite propagadas vegetativamente. La utilización de técnicas de micropropagación logra incrementar la producción de plantas en un corto plazo para ser establecidas productivamente. La masificación de genotipos seleccionados de *Eucalyptus nitens*, se ha logrado a través de las técnicas de micropropagación, autores como Gomes y Canhoto (2003) utilizando como explantes iniciales ápices de plantas de 1 año han logrado el desarrollo de estas. Los programas de mejoramiento genético de la especie han permitido bajos volúmenes de semilla mejorada genéticamente, siendo necesario incrementar rápidamente la producción de plantas a través de micropropagación, Si bien la germinación de semillas de *E. nitens* es conocida, el desarrollo morfológico de las plantas *in vitro* se encuentra condicionado por las características nutricionales del medio de cultivo, reguladores hormonales utilizados, gelificante, adendas orgánicas y factores ambientales (Dutra *et al.*, 2009).

OBJETIVO

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el desarrollo morfogénico en micropropagación de semillas mejoradas genéticamente en seis cruzamientos de *E. nitens*.

MATERIAL Y MÉTODO

El material vegetal fue semillas de *E. nitens* pertenecientes a 6 cruzamientos controlados las que fueron cultivadas *in vitro*. Como control se utilizaron semillas de *E. nitens* de mezcla familiar.

Se efectuó cultivo *in vitro* el año 2011, para ello las semillas fueron desinfectadas en una solución 20% hipoclorito de sodio en presencia de un surfactante por 20 min, luego fueron lavadas en agua destilada por 3 h, luego colocadas en matraz y desinfectadas en una solución 3% peróxido de hidrógeno por 10 min, lavadas en agua destilada estéril y estratificadas a 4°C por 24 h.

Posteriormente, se las sembró en medio 0,7% agar-agua, 2% sacarosa, pH 5,7. Brotes germinados fueron subcultivados en medio de cultivo Murashige-Skoog (1962) con 500 mg/L glutamina, 100 mg/L inositol, 2% sacarosa, pH 5,7, 0.7% agar.

Se incubó los explantes a 23°C, fotoperiodo 16/8 h, 25 $\mu\text{molm}^{-2}\text{seg}^{-1}$.

Para la multiplicación y elongación *in vitro* los brotes fueron cultivados en medio Murashige-Skoog (1962) con 1,1 μM BAP, 0.05 μM ANA, 500 mg/L glutamina, 100 mg/L inositol, 2% sacarosa, pH 5,7, 0,7% agar.

Para el enraizamiento *in vitro* los brotes elongados procedentes de semillas control fueron enraizados *in vitro* en medio MS/4, 10 mg/L pantotenato de calcio, concentraciones de 4,87-14,7-24,37-39-58,5 μM AIB, 100 mg/L inositol, 1,2% sacarosa, pH 5,7, 0,7% agar.

Se incubó los explantes a 23°C, fotoperiodo 16/8 h, 60 $\mu\text{molm}^{-2}\text{seg}^{-1}$. Los brotes elongados de cruzamientos y control fueron enraizados *in vitro* en el medio base ya descrito con 39 μM AIB.

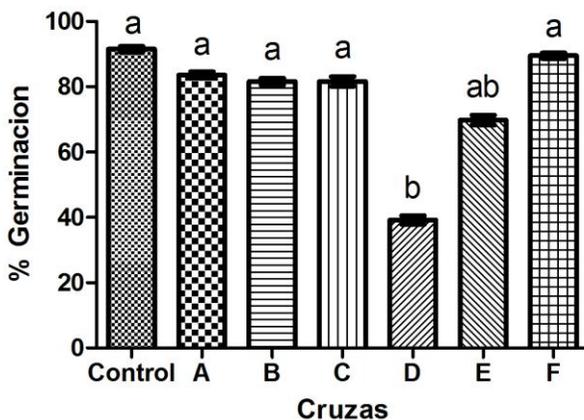
En el análisis estadístico el material genético fue evaluado *in vitro* en las etapas de germinación, multiplicación y enraizamiento.

Se analizó los resultados con ANOVA de una vía con 95% de confianza, Test de Tukey ($P \leq .05$) y STATISTICA versión 6.0. Para graficar se utilizó GraphPad Prism 5.

RESULTADOS

Las semillas cultivadas *in vitro* mostraron similar respuestas germinativa para las cruza Control, A, B, C, F.

Existieron diferencia significativa en el porcentaje de semillas germinadas en las cruza E y D, en relación a las semillas control y demás cruzamientos. (Figura N° 1).



Barras verticales son error estándar.
Letras distintas indican diferencia significativa Tukey ($P \leq .05$)

Figura N° 1
PORCENTAJE DE GERMINACIÓN DE SEMILLAS CONTROL Y CRUZAMIENTOS

Los brotes germinados permitieron el establecimiento *in vitro* de 203 clones, de ellos 140 clones iniciaron la etapa de multiplicación, existiendo 63 clones que no prosperaron en el medio de multiplicación establecido. (Cuadro N° 1)

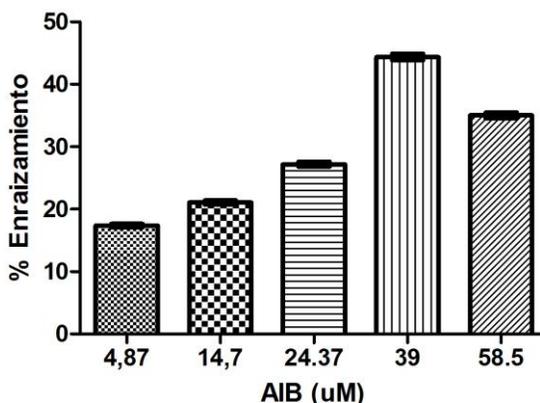
Cuadro N° 1
NÚMERO DE SEMILLAS SEMBRADAS, CLONES ESTABLECIDOS Y EN MULTIPLICACIÓN EN SEMILLAS CONTROL Y CRUZAMIENTOS CONTROLADOS

| Cruzas | Siembra (N° Semillas) | Establecimiento (N° Clones) | Multiplificación (N° Clones con Brote) |
|---------|--------------------------|--------------------------------|---|
| Control | 96 | 37 | 32 |
| A | 49 | 26 | 26 |
| B | 49 | 33 | 27 |
| C | 49 | 19 | 15 |
| D | 51 | 11 | 6 |
| E | 53 | 33 | 18 |
| F | 57 | 44 | 16 |

Brotes elongados procedentes de semillas control fueron evaluadas en su respuesta de enraizamiento. Para ello, los explantes fueron cultivados en medio con concentraciones crecientes de AIB (mg/L), donde la dosis de 39 μ M AIB logró enraizar el 44,4% de los brotes establecidos en el medio de cultivo.

Existieron diferencias significativas en las respuestas de enraizamiento entre las concentraciones de 39 μ M AIB en relación a 4,87 μ M y 14,7 μ M AIB.

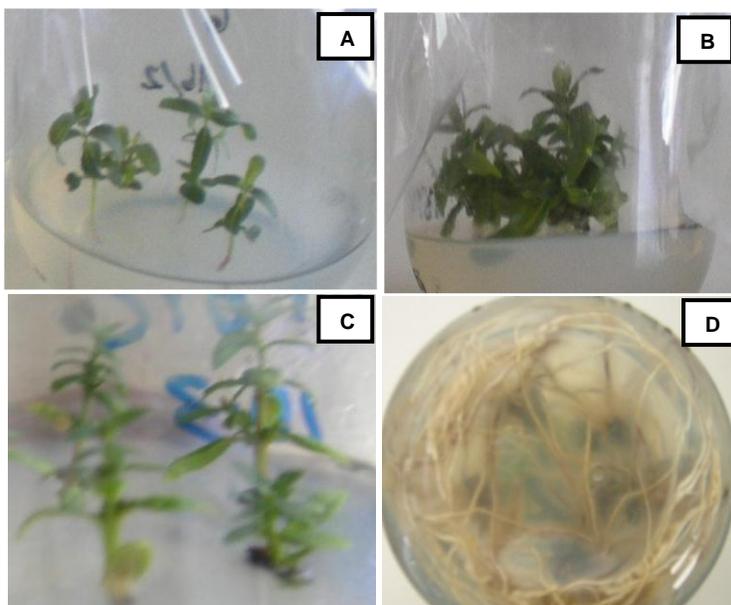
Concentraciones de 24,37 μ M y 58,5 μ M AIB no tuvieron diferencias significativas entre ellas. El experimento fue realizado dos veces (Figura 2).



Barras verticales son error estándar.

Figura N° 2
PORCENTAJE DE ENRAIZAMIENTO DE BROTES PROCEDENTES DE SEMILLAS CONTROL BAJA DIFERENTES CONCENTRACIONES DE AIB EN MEDIO DE CULTIVO

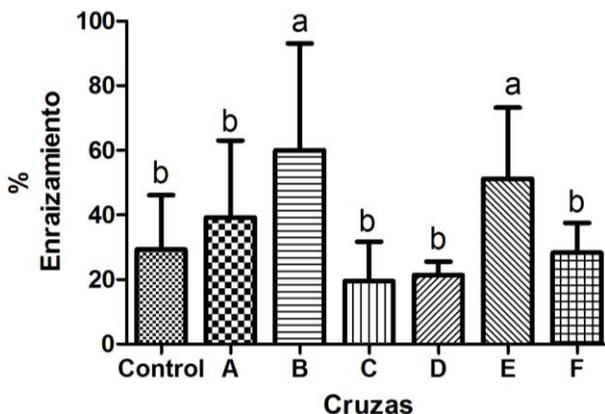
Las respuestas de diferenciación morfogénica de explantes de *E. nitens* se pueden apreciar en la Figura N° 3.



A: brotes en semillas germinadas B: brotes en etapa de multiplicación
C: brotes elongados D: desarrollo de raíces en brotes

Figura N° 3
ETAPAS DE DIFERENCIACIÓN MORFOGÉNICA DE SEMILLAS *IN VITRO*

Los clones de las diferentes cruzas fueron sometidos a 4 ciclos de multiplicación, posteriormente, los brotes elongados fueron cultivados en medio de enraizamiento con $39 \mu\text{M}$ AIB. Se encontró diferencias significativas en las respuestas de enraizamiento entre los diferentes cruzamientos (Figura N° 4).



Barras verticales son error estándar.
Letras distintas indican diferencia significativa Tukey ($P \leq .05$)

Figura N° 4
PORCENTAJE DE ENRAIZAMIENTO DE BROTES MICROPROPAGADOS DESDE SEMILLA CONTROL Y CRUZAMIENTOS CONTROLADOS

Los resultados de enraizamiento mostraron que las cruzas B y E tuvieron un porcentaje de enraizamiento de 60% y 51,2%, respectivamente, existiendo diferencias significativas con los demás cruzamientos y control. En tanto no existieron diferencias significativas en enraizamiento entre los brotes procedentes de semillas control vs brotes de las cruzas A, C, D y F.

En la Figura N° 5 se aprecia el porcentaje de enraizamiento por clon, obtenido en plántulas del cruzamiento B (Figura 5).

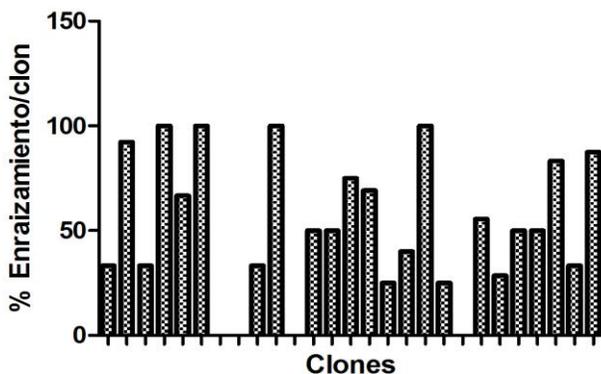


Figura N° 5
PORCENTAJE DE ENRAIZAMIENTO POR CLON
EN PLÁNTULAS DE EL CRUZAMIENTO B MICROPROPAGADAS

Se observa en la figura que en clones de la cruz B existieron respuestas diferenciales de enraizamiento por clon; genotipos con 100% de brotes enraizados hasta clones con ausencia de enraizamiento bajo las condiciones *in vitro* ensayadas. El proceso de aclimatación de las plántulas se encuentra en desarrollo.

DISCUSIÓN

Hoy día existe una demanda de plantas con alto potencial de crecimiento, la propagación clonal a través de cultivo de tejidos tiene el potencial para entregar altas tasas de multiplicación de genotipos uniformes, resultando en producciones de menor tiempo. Las modificaciones realizadas a los medios de cultivo, dosis de reguladores hormonales, condiciones ambientales de la micropropagación, han colaborado en mejorar las respuestas rizogénicas en los genotipos seleccionados. Los programas de cruzamientos controlados en desarrollo constituyen la base para la obtención de semilla genéticamente mejorada, la cual requiere ser clonada y masificados los individuos a través de esta técnica.

El patrón de germinación de semillas de una especie se ve afectada por la fuente de semilla, la procedencia de esta, la familia, el estado nutricional parental, pretratamientos, madurez de la semilla, precondicionamiento ambiental durante el desarrollo de la semilla y tamaño de la semilla (Chaisurisri *et al.*, 1992).

Estudios en semillas de *E. nitens* de diferentes procedencias mostraron que las condiciones térmicas afectan la tasa de germinación de estas, donde a temperaturas entre 18°C a 25°C se logran las mejores tasas de germinación (Humara *et al.*, 2000), condiciones similares a las de esta investigación, donde se logra un porcentaje de germinación de aproximadamente 90% en las semillas control, cruzas A, B, C y F, disminuyendo en las cruzas E y D (Figura N° 1). Los resultados indican que la alta germinación se logró utilizando en el ambiente una temperatura de 23°C, siendo favorable para la mayor parte de las semillas cultivadas *in vitro* (Taylor *et al.*, 1999).

Del total de genotipos establecidos *in vitro*, 64 de ellos no lograron proliferar en la fase de multiplicación de brotes (Cuadro N° 1), esto respondería a que esos genotipos podrían tener un desarrollo morfogénico adecuado bajo menores contenidos de macronutrientes en el medio de cultivo, lo cual sería corroborado por lo definido por Gomes y Canhoto (2003) quienes indicaron que la mejor tasa de multiplicación (2,25) se obtuvo al utilizar macronutrientes a mitad de concentración en el medio MS (1962), junto a adendas orgánicas del medio De Fossard (De Fossard, 1974). Por otra lado, la utilización de BAP permitió la multiplicación y elongación de los brotes, aspecto que coincide con lo señalado por Del Ponte *et al.* (2001) que ha indicado que el uso de este regulador es común en las especies de *Eucalyptus* para inducir la proliferación de los explantes.

La aplicación de dosis crecientes de AIB para inducir rizogénesis *in vitro* permitió que con la utilización de 39 μM AIB enraizara el 44% de brotes cultivados *in vitro* (Figura N° 2), en un periodo de 15 días. Concentraciones superiores del regulador disminuyeron la respuesta rizogénica. Los resultados obtenidos difieren de lo señalado por Alfenas *et al.* (2004) quienes indican que una dosis de 4,87 μM AIB permite la rizogénesis en *Eucalyptus* en un periodo de 7 a 15 días.

Los mayores porcentajes de enraizamiento se lograron en las cruza B y E en relación al material vegetal restante (Figura N° 4). La disminución en el contenido de macronutrientes en el medio MS (1962) a $\frac{1}{4}$ de concentración permitió obtener raíces largas y gruesas (Figura N° 3D) lo que coincide con lo señalado por Mokotedi *et al.* (2000). La aplicación de 39 μM AIB permitió enraizar un 60% de los brotes de la cruza B y un 51,2% de los brotes de la cruza E, el enraizamiento logrado coincide con lo señalado por Gomes y Canhoto (2003), sin embargo la dosis utilizada del regulador (AIB) supera a la señalada por dichos autores (14,7 μM AIB), concentración que también fue aplicada, pero que indujo sólo un 21% de rizogénesis. Además del aumento en la dosis de AIB empleada, el aumento en la intensidad luminosa durante el proceso de rizogénesis podría haber facilitado la traslocación de sinergistas auxínicos (fenoles) y carbohidratos a la base de los tallos, favoreciendo la diferenciación de raíces, aspecto que ha sido mencionado por Wang (1992).

Mokotedi *et al.* (2000) logran el enraizamiento *in vitro* de dos clones de un híbrido *Eucalyptus grandis* Hill ex Maid. x *E. nitens* disminuyendo los macronutrientes del medio MS (1962) a $\frac{1}{4}$ concentración de los macronutrientes para un 75% de enraizamiento en un clon con 0,5 μM AIB. La disminución en el contenido de macronutrientes del medio MS (1962) permitió alcanzar hasta un 100% de enraizamiento *in vitro* en clones de la cruza B (Figura N° 5), coincidiendo con lo señalado por dichos autores. Para otros genotipos de la misma cruza, no se logró el enraizamiento.

Alfenas *et al.* (2004) han indicado que altas concentraciones de BAP utilizadas en el medio de multiplicación afectarían el desarrollo rizogénico posterior, concentraciones de 0,3 μM BAP junto a 0,5 μM ANA serían suficientes para multiplicar y elongar brotes en *Eucalyptus*. En esta investigación se utilizó concentraciones de 1,1 μM BAP y 0,05 μM ANA, que permitieron multiplicar y elongar los brotes, sin embargo, la acumulación de BAP en los tejidos podría estar disminuyendo el proceso de enraizamiento en dichos genotipos.

CONCLUSIONES

En esta investigación se concluye que las condiciones ambientales de 23°C favorecieron una germinación sobre el 50% para las semillas control y cruza A, B, C, F, E, obteniéndose solo un 40% de germinación en las semillas de la cruza E.

La fuerza iónica del medio de cultivo afectó la proliferación de 63 genotipos, los cuales no prosperaron en el medio de multiplicación, logrando multiplicar solo 140 clones.

La disminución en la fuerza iónica del medio de cultivo permitió diferenciar raíces largas y gruesas, la adición de 39 μM AIB indujo un 60% de brotes enraizados en la cruza B y un 51,2% en la cruza E, respuestas rizogénicas superiores en relación al resto de los cruzamientos y control.

En el cruzamiento B, existió variabilidad en el enraizamiento de los clones, con un 100% de enraizamiento de un clon a ausencia de enraizamiento en otros.

REFERENCIAS

- Alfenas, A. C.; R. G. Mafia y T. F. de Assis, 2004.** Clonagem e doenças do eucalipto. Vicosa: UFV. 442p.
- Chaisurisri, K., D. G. Edwards y Y. A. El Kassaby, 1992.** Genetic control of seed size and germination in Sitka Spruce. *Silvae Genet.* 41: 348-355.
- De Fossard, R. A. 1974.** Tissue culture of *Eucalyptus*. *Austr. For.* 37: 43-54.
- Del Ponte, E. M.; V. L. Mattei; J. A. Peters y T. F. de Assis, 2001.** Multiplicação e enraizamento *in vitro* de *Eucalyptus globulus subsp. globulus* Labill. *Revista Arvore, Vicosa.* 25 (1): 1-8.
- Dutra, L. F.; Wendling, I. y Brondani, G. E., 2009.** A micropropagación de Eucalipto. *Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo.* 58 : 49-59
- Eldridge, K.; Davidson, J.; Harwood, C. and Van Wyk, G., 1993.** *Eucalypt domestication and breeding.* Clarendon Press, Oxford.
- Gomes, F. y Canhoto, J. M., 2003.** Micropropagation of *Eucalyptus nitens* Maiden (Shining Gum). *In Vitro Cellular & Developmental Biology Plant.* 39. (3): 316-321.
- Humara, J. M.; López, M.; Casares, A. y Majada, J., 2000.** Temperature and provenance as two factors affecting *Eucalyptus nitens* seed germination. *Forestry.* 73 (1): 87-90.
- Mokotedi, O. M. E.; Watt, M. P.; Pammenter, N. W. y Blakeway, F. C., 2000.** *In vitro* rooting and subsequent survival of two clones of a cold-tolerant *Eucalyptus grandis* x *E. nitens* hybrid. *Hortscience.* 35 (6): 1163-1165.
- Murashige, T. and Skoog, F., 1962.** A revised medium for rapid growth and bioassays with Tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 15:473-497.
- Taylor, J. P.; Wester, D. B. and Smith, L. M., 1999.** Soil disturbance, flood management, and riparian woody plant establishment in the Rio Grande floodplain. *Wetlands* 19: 372-382.
- Wang, Q., 1992.** The effect of light, darkness and temperatura on micropropagation of the pear rootstock BP10030. *Journal Horticultural Science.* 676: 869-876.
- Williams, J. E. and Woinarski, J. C. Z., 1997.** *Eucalypt Ecology: Individuals to Ecosystems.* Cambridge University Press, Cambridge, UK.

RESPUESTA DIFERENCIAL DE DOS ESPECIES DE EUCALIPTO A LA ACLIMATACIÓN POR K Y RIEGO EN VIVERO

Garau, Ana⁶; Guarnaschelli, Ana⁶ y Lemcoff, Jorge⁷

RESUMEN

El estrés hídrico es la principal restricción abiótica que afecta el establecimiento de los plantines forestales. Con el objetivo de evaluar el efecto del potasio y la restricción hídrica se estudió respuestas morfológicas y fisiológicas de plantines de *Eucalyptus camaldulensis* y *E. globulus* tanto en plantas de vivero como en condiciones controladas de plantación. Los tratamientos en vivero fueron una combinación de dos niveles de K (K0 y K1) y dos de disponibilidad hídrica (Control-v y Estrés-v). Luego, se trasplantaron en contenedores de 200 L y se sometieron a dos niveles de disponibilidad hídrica durante un mes (Control-p y Estrés-p). En ambas condiciones se evaluó la biomasa aérea y radical e índices de alocaación relativa de fotosintatos a las hojas y a las raíces. Al final del período de plantación se calcularon tasas de crecimiento relativo. Al término de la etapa de vivero y de plantación se realizaron curvas presión-volumen y se evaluó el potencial osmótico a saturación y el módulo máximo de elasticidad de la pared celular. Para evaluar el grado de aclimatación se calculó un índice de plasticidad.

Al finalizar la etapa de vivero no se observó efecto significativo del K en ambas especies. La restricción hídrica no afectó la biomasa ni la alocaación relativa en los plantines de *E. globulus*, mientras que la disminuyó en *E. camaldulensis*, aunque produjo una mayor alocaación relativa hacia raíces. Ante la restricción hídrica ambas especies realizaron ajuste osmótico de similar magnitud pero en *E. camaldulensis* hubo, además, un ajuste elástico con endurecimiento de la pared celular. Al finalizar la etapa de plantación solo se observó modificaciones positivas en la biomasa, en la alocaación relativa y en las tasas de crecimiento en las plantas de *E. globulus* del nivel Estrés-p. Por su parte, en *E. camaldulensis* las plantas K1 mostraron mayores tasas de crecimiento relativo en biomasa aérea y radical y una mayor alocaación hacia hojas; las plantas Estrés-v mostraron mayores tasas de crecimiento en biomasa aérea, aumentando la alocaación relativa a hoja.

Ante la restricción hídrica en plantación, no hubo modificaciones fisiológicas en *E. globulus*. En las plantas de *E. camaldulensis* se observó un ligero ajuste osmótico en las plantas K1 y un endurecimiento de la pared celular con la restricción hídrica en plantación. La mayor dosis de K (K1) y la restricción hídrica durante la etapa de vivero (Estrés-V) produjo modificaciones plásticas de distinto nivel, tanto fisiológicas como morfológicas, en los plantines de ambas especies de eucalipto. La disponibilidad hídrica presentó los mayores valores en el índice de plasticidad en todas las variables evaluadas en la etapa de vivero. En la etapa post-plantación, si bien el principal efecto es de la restricción hídrica aplicada en esa etapa, se observó diferencias entre las especies de eucalipto ya que predomina el efecto del nivel de K sobre el efecto del nivel hídrico en *E. camaldulensis*. Plantines de eucalipto con mayores niveles de K y restricción en la disponibilidad hídrica durante la etapa de vivero produjeron plantas aclimatadas morfológica y fisiológicamente que mostraron (en el caso de *E. camaldulensis*) mayores tasas de crecimiento en condiciones de restricción hídrica en plantación. Sin embargo, y considerando que en el caso de *E. globulus* las respuestas fueron distintas, e inclusive sin diferencias significativas con los controles, la aplicación de dichas prácticas culturales debería ajustarse en función de cada especie.

Palabras clave: Aclimatación, Vivero, Eucaliptos

⁶ Cátedra de Dasonomía-Depto. Producción Vegetal, Facultad Agronomía.UBA-Argentina agarau@agro.uba.ar
⁷ Inst. Soil, Water & Environmental Sciences. Volcani Center, Israel

SUMMARY

Water stress is a major abiotic constraint affecting the establishment of forest seedlings. In order to evaluate the effect of potassium and water restriction morphological and physiological responses of *Eucalyptus camaldulensis* and *E. globulus* both as seedlings and planted in controlled conditions were studied. Nursery treatments were a combination of two levels of K (K0 and K1) and two water availability conditions (Control-v and Stress-v). Then, plants were transplanted into containers of 200 L and subjected to two levels of water availability for a month (Control-p and Stress-p). In both conditions shoot and root biomass and relative rates of photosynthate allocation to leaves and roots were evaluated. At the end of planting period relative growth rates were calculated. After the nursery stage and planting period pressure-volume curves were performed and osmotic potential at full turgor and the maximum modulus of elasticity of the cell wall were evaluated. To assess the degree of acclimation a plasticity index was calculated.

At the end of the nursery stage no significant effect of K was observed in both species. The water restriction did not affect biomass or relative allocation in seedlings of *E. globulus*, while decreased it in *E. camaldulensis*, although producing a greater relative allocation to roots. With water restriction both species performed an osmotic adjustment of similar magnitude, but in *E. camaldulensis* there was also an elastic adjustment of the cell walls.

After the planting period only positive changes in biomass, in the allocation and relative growth rates were observed in *E. globulus* E-p plants. Meanwhile, *E. camaldulensis* K1 plants showed higher relative growth rates of shoot and root biomass and increased allocation to leaves; Stress-v plants showed higher growth rates in biomass, increasing the relative allocation to leaves.

No physiological changes related to water restrictions were observed in *E. globulus*. In K1 plants of *E. camaldulensis* there was a slight osmotic adjustment and a hardening of the cell wall related to water restriction during plantation. The higher dose of K (K1) and the water restriction during the nursery stage (Stress-V) produced plastic changes (both physiological and morphological), in the seedlings of both eucalypts species. Water availability showed the highest plasticity index values in all variables during the nursery stage. In the post-planting period, although the main observed effects was related to the water restriction applied at that stage, there were differences between eucalypts species as a predominant effect of K level was observed in *E. camaldulensis* plants. Higher levels of K and restriction in the availability of water during the nursery stage produced *Eucalyptus* plants morphological and physiologically acclimated that showed (in the case of *E. camaldulensis*) higher growth rates under conditions of water restriction during the planting period. However, as in *E. globulus* responses were different, and even without significant differences with the Controls, the application of such cultural practices should be adjusted according to each species.

Keywords: Nursery, Eucalypts, Acclimation

INTRODUCCION

Las plantaciones de *Eucalyptus* representan cerca del 25% de la superficie de plantaciones comerciales en Argentina (Garau, 2012). En la provincia de Buenos Aires *Eucalyptus camaldulensis* y *E. globulus* son dos de las principales especies utilizadas en forestaciones comerciales (Cozzo, 1995). Debido a su baja tolerancia al frío, las principales especies se plantan en la primavera, cuando la ocurrencia de situaciones de deficiencia hídrica durante el establecimiento pueden ser comunes (Soriano, 1991). La disponibilidad de agua es uno de los principales factores que limita el establecimiento y crecimiento de los plantines forestales. En condiciones de sequía las especies de *Eucalyptus* exhiben diferentes cambios morfológicos y fisiológicos que aumentan su tolerancia al déficit hídrico (Lemcoff *et al.*, 1994; Sasse y Sands, 1996; Lemcoff *et al.*, 2002; Guarnaschelli *et al.*, 2003)

Las características morfológicas y fisiológicas de los plantines varían significativamente con las prácticas de producción en la etapa de vivero y con las condiciones ambientales (Burdett, 1990). La aclimatación, respuesta fenotípica modificable por el nivel de disponibilidad de recursos, es una técnica usada comúnmente en los viveros. La aclimatación por riego, por ejemplo, consiste en restringir la disponibilidad de agua en las etapas finales de ese período (Landis, 1989). De esta manera, plantas aclimatadas mostraron mejor comportamiento en condiciones de sequía en distintas especies de *Eucalyptus* (Reis *et al.*, 1988; Sasse y Sands, 1996; Osorio *et al.*, 1998; Guarnaschelli *et al.*, 2003, 2006). Guarnaschelli *et al.* (2006) hallaron que plantas de *Eucalyptus globulus* de 5 meses sometidas a aclimatación con sequía en vivero mostraron mejor estado hídrico, mayor conductancia estomática y mayor supervivencia que plantas no aclimatadas.

Por su parte, la fertilización potásica durante el período de aclimatación en vivero resulta, no solo importante para la nutrición de la planta, sino que cumple también un rol relevante relacionado a la tolerancia al estrés hídrico. El potasio (K), está involucrado en la osmoregulación y en el cierre y apertura de estomas (Kozłowski y Pallardy, 1997). Al disminuir el potencial agua, la acumulación de solutos (Nielsen y Orcutt, 1996) puede permitir que las plantas mantengan un gradiente de potencial agua con un suelo que se va secando, y lograr una turgencia suficiente para mantener los estomas abiertos y posibilitar el intercambio de gases y el crecimiento (White *et al.*, 2000). La capacidad de ajuste osmótico está influenciada por la disponibilidad de nutrientes. Plantines de *Quercus prinus* fertilizados con NPK mostraron mayor ajuste osmótico en condiciones de sequía (Kleiner *et al.*, 1992). En diversos trabajos se ha observado que las plantas que recibieron dosis de K respondieron mejor a condiciones de estrés hídrico (van den Driessche 1992, Garau *et al.*, 2004; Texeira *et al.*, 2008; Guarnaschelli *et al.*, 2010).

En *Eucalyptus globulus* ssp *maidenii* y en *E.globulus* ssp *globulus*, Plante *et al.* (2002) y Mema *et al.* (2003) observaron mayor crecimiento en biomasa aérea y radical en condiciones de restricción hídrica en plantines que recibieron una mayor dosis de K en el vivero. Por su parte, van den Driessche (1991) halló incremento en el número de nuevas raíces en plantines de *Pseudotsuga menziesii* sometidas a restricción hídrica, pero fertilizadas con potasio, mientras que Von Wernick y Lavado (2001) observaron menor daño por heladas en plantines de *Eucalyptus grandis* fertilizados con K. Chamshama y Hall (1987) establecieron que la fertilización con K incrementó el diámetro a nivel del cuello, el peso seco y el crecimiento del sistema radical en plantines de *E. camaldulensis*.

La producción de materia seca depende básicamente de la distribución de los carbohidratos en el área fotosintética y de la tasa de fijación de carbono por unidad de área foliar. La tasa de crecimiento relativa (TCR) es una medida inherente de la eficiencia de crecimiento y permite identificar si una planta logra su superioridad en crecimiento a través de mayor rendimiento fotosintético (mayor TAN), mayor distribución relativa de fotosintatos en el área foliar (mayor relación de área foliar), o por combinación de ambas (Lambers y Poorter, 1992). Es decir, el análisis de crecimiento aporta una manera de integrar las respuestas fisiológicas de plantas creciendo bajo diferentes condiciones medioambientales a través del tiempo. De esta manera provee de una poderosa herramienta para evaluar las primeras etapas del crecimiento de los plantines (Margolis y Brand, 1990).

En este trabajo se analiza el efecto de dos niveles de fertilización con K y dos niveles de

riego aplicados en la etapa de vivero sobre respuestas morfológicas y fisiológicas de plantines de *Eucalyptus camaldulensis* y *E. globulus*. Los objetivos principales son evaluar como esos tratamientos modifican la morfología y crecimiento de los plantines, evaluar la *performance* de esas plantas después de la plantación con restricción de riego en un ensayo controlado y analizar si hay respuestas diferenciales a nivel de especie de eucalipto.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo se realizó en el campo experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (34° 35' 27" LS, 58° 29' 47" LW y 20 msnm). Se trabajó con *Eucalyptus camaldulensis* y *Eucalyptus globulus*, dos de las especies más plantadas en Argentina (Cozzo, 1995).

Se usó semilla de *Eucalyptus camaldulensis* procedencia Lake Coorong y de *E. globulus* procedencia Flinders Island provista por Kylisa Seeds Pty Ltd. (Australia).

Los plantines fueron producidos en contenedores de 660cm³, con una mezcla de fibra de coco y compost de corteza de pino (1:1 v/v) como sustrato. El experimento se realizó en un invernáculo abierto con una cubierta de polietileno transparente de 100-µm.

Cuadro N° 1
CARACTERIZACIÓN DE LAS PROCEDENCIAS DE SEMILLA EMPLEADAS

| Especie | Origen | Latitud S | Longitud E | Altitud (msnm) | Precipitación (mm) | Temperatura | |
|---|-----------------|-----------|------------|----------------|--------------------|------------------|------------------|
| | | | | | | Media Enero (°C) | Media Julio (°C) |
| <i>E. globulus</i> ssp. <i>globulus</i> | Flinders Island | 40° 00' | 148° 07' | 26 | 743 | 17,7 | 9,8 |
| <i>E. camaldulensis</i> | Lake Coorong | 35° 45' | 142° 23' | 81 | 452 | 22,8 | 8,9 |

Período de Vivero

Durante 4 meses las plantas fueron regadas con una solución Johnson ("J": 6 ml/L de NO₃K 1M, 4ml/L de (NO₃)₂Ca 1M, 2 ml/L de PO₄H₂NH₄ 1M, 1ml/L de SO₄Mg.7H₂O, 1ml/L de micronutrientes, 1 ml/L Fe-EDTA.

En la primera etapa (1° - 5° semanas), todas las plantas recibieron la solución "J".

En la segunda etapa (6° - 10° semanas), todas las plantas recibieron la solución "J" enriquecida con P (2ml/L PO₄H₂Na 1M).

En una tercera etapa (11° -14° semanas), el 50% de las plantas recibió la solución "J" (K0), mientras que el resto recibió la solución "J" enriquecida con K (12ml / l KCl 1 M) (K1).

En la cuarta etapa (15° - 19° semanas), la mitad de las plantas recibió riego diario (Cv), mientras que el resto fue regado cada tres días (Ev). En esta etapa, todas las plantas recibieron la solución "J".

Al término de este período, en ocho plantas por tratamiento, se evaluó la biomasa. Se separaron los tallos, las hojas y las raíces y fueron secadas en estufa a 85°C por 48 h.

Se determinaron la relación de peso de raíces (g raíces/g total, RPR), la relación de peso de hojas (g hojas/g total, RPF) y la relación de área foliar (cm² hojas/g total, RAF).

A la finalización del período de vivero se estimó variables hídricas utilizando curvas presión-volumen con el método de presurización repetida (Hinckley *et al.*, 1980).

Se utilizó una versión mejorada del programa de Schulte (Schulte y Hinckley, 1985) para

estimar el potencial osmótico a turgencia plena (π_{TP}) y el módulo de elasticidad de la pared celular (ϵ_{max}).

El ajuste osmótico (π_{adj}) se calculó como la diferencia entre el π_{TP} del control de cada tratamiento y las otras combinaciones de tratamientos. El ajuste elástico (ϵ_{adj}) se calculó de manera similar usando ϵ_{max} .

Período Plantación

En la quinta etapa (20° - 24° semanas), los plantines de vivero fueron trasplantados a contenedores de mayor tamaño (80 cm altura, 60 cm diámetro; 200 L), con una mezcla de suelo y arena 3:1 (v/v) como sustrato.

Se plantó 11 repeticiones por cada tratamiento de vivero. La mitad de esas plantas fue regada a capacidad de campo diariamente (Cp), y el resto tuvo niveles crecientes de sequía, ya que partiendo de suelo a saturación no se regaron más (Ep).

La biomasa inicial y final se determinó en ocho plantas por tratamiento. La relación de peso de raíces (g raíces/g total, RPR), la relación de peso de hojas (g hojas/g total, RPF), la relación de área foliar (cm² hojas/g total, RAF) y el área foliar específica (cm² hoja/g.hoja, AFE) y la tasa de asimilación neta (g/cm² hoja. t, TAN) fueron determinadas al final del período de estudio.

Se calculó la tasa de crecimiento relativo (TCR) en biomasa (Hunt, 1982).

Durante el período de plantación se determinó la conductancia estomática (g) al mediodía en cinco plantas por tratamiento utilizando un porómetro (Li 1600, Licor Inc. Lincoln, Ne).

A la finalización del período de plantación se estimaron variables hídricas siguiendo los procedimientos planteados precedentemente.

Para comparar las respuestas de las especies, es decir determinar el grado de cambio de las características medidas en diferentes unidades, se calculó un *Índice de Plasticidad* para algunas variables fisiológicas y morfológicas.

Este índice, que varía entre 0 y 1 se calcula a partir de la diferencia entre el valor máximo medio y mínimo medio que asume cada variable sobre el valor máximo (Valladares *et al.*, 2002).

Se realizó un análisis de variancia multifactorial (niveles de fertilización con K, régimen de riego en vivero y régimen de riego en plantación).

La separación de medias se realizó usando el test de Tukey ($p < 0.05$). Se utilizó el programa *Statgraphics* versión 6.0 (STSC, Inc. USA 1992).

RESULTADOS

Período de Vivero

-Variables Morfológicas

No se observó efecto del K. Se encontró diferencias significativas en las especies de eucalipto con los niveles de riego (Cuadro N°2).

La restricción hídrica no afectó la biomasa ni la alocaión relativa en los plantines de *E. globulus*, mientras que la disminuyó significativamente en *E. camaldulensis*, si bien en esta especie se incrementó la alocaión relativa a raíces (Cuadro N 3).

Cuadro N° 2
BIOMASA DE PLANTINES A LA FINALIZACIÓN DE LA ETAPA DE VIVERO

| Especie | Hojas (g) | Tallo (g) | Raíces (g) | Total (g) | Tallo - Raíz |
|-------------|---------------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| E. cam - Cv | 4,39 ± 0,20 a | 7,30 ± 0,47 a | 3,04 ± 0,22 a | 14,76 ± 0,77 a | 4,00 ± 0,20 a |
| E. cam - Ev | 3,14 ± 0,20 b | 5,46 ± 0,48 b | 2,60 ± 0,22 b | 11,21 ± 0,77 b | 3,43 ± 0,19 b |
| E. glo - Cv | 3,78 ± 0,24 | 3,84 ± 0,31 | 1,91 ± 0,17 | 9,54 ± 0,65 | 4,29 ± 0,32 |
| E. glo - Ev | 3,24 ± 0,24 | 3,21 ± 0,31 | 1,51 ± 0,17 | 7,97 ± 0,65 | 4,36 ± 0,32 |

E.cam: *E. camaldulensis*
 E.glo: *E. globulus*
 Cv y Ev: Control y restricción de riego en vivero

Cuadro N° 3
ALOCACIÓN RELATIVA A HOJAS (RAF, RPF) Y A RAÍCES (RPR)
A LA FINALIZACIÓN DEL PERÍODO DE VIVERO

| Especie | RAF (cm ² /g) | RPF (g Hoja/g) | RPR (g Raíz/g) |
|-------------|--------------------------|----------------|-----------------|
| E. cam - Cv | 39,61 ± 1,85 | 0,30 ± 0,01 | 0,203 ± 0,006 b |
| E. cam - Ev | 36,63 ± 1,85 | 0,28 ± 0,01 | 0,230 ± 0,006 a |
| E. glo - Cv | 77,42 ± 3,12 | 0,40 ± 0,01 | 0,197 ± 0,009 |
| E. glo - Ev | 78,28 ± 3,12 | 0,40 ± 0,01 | 0,190 ± 0,009 |

E.cam: *E. camaldulensis*
 E.glo: *E. globulus*
 Cv y Ev: Control y restricción de riego en vivero

-Variables Fisiológicas

El K no modificó las variables fisiológicas analizadas. La restricción hídrica produjo una disminución significativa en el π_{TP} en ambas especies.

El ajuste osmótico fue 0,20 MPa en *E. camaldulensis* y 0,19 MPa en *E. globulus* (Cuadro N° 4).

Mientras ξ_{max} no fue modificado en los plantines de *E. globulus*, en los de *E. camaldulensis* se observó un endurecimiento de la pared celular con un ajuste elástico de 4,0 MPa (Cuadro N° 4).

Cuadro N° 4
POTENCIAL OSMÓTICO A TURGENCIA PLENA (π_{TP}) Y MÓDULO DE ELASTICIDAD (ξ_{MAX})
EN PLANTINES DE EUCALIPTO CON DOS NIVELES DE RIEGO EN VIVERO

| Especie | π_{TP} (MPa) | ξ_{max} (MPa) |
|-------------|------------------|-------------------|
| E. cam - Cv | -1,58 ± 0,07 b | 17,28 ± 1,43 b |
| E. cam - Ev | -1,78 ± 0,04 a | 21,33 ± 1,43 a |
| E. glo - Cv | -1,19 ± 0,08 b | 13,06 ± 1,50 |
| E. glo - Ev | -1,38 ± 0,08 a | 12,60 ± 1,50 |

E.cam: *E. camaldulensis*
 E.glo: *E. globulus*
 Cv y Ev: Control y restricción de riego en vivero

Período Plantación

-Variables Morfológicas

La restricción de riego impuesta durante la plantación disminuyó significativamente la biomasa de hojas, tallos y la relación T/R en *E. camaldulensis* (Cuadro N° 5).

No se observó modificaciones en la biomasa de los plantines de *E. globulus* derivadas de los tratamientos aplicados en el vivero. Solo se encontró efectos producidos por la restricción hídrica durante la plantación con una disminución significativa en la biomasa de hojas y tallos.

En cambio, los plantines de *E. camaldulensis* del nivel K1 en vivero mostraron mayor biomasa foliar.

Cuadro N° 5
BIOMASA DE PLANTINES DE EUCALIPTO
AL FINAL DEL PERÍODO DE PLANTACIÓN

| Especie | Hojas (g) | Tallo (g) | Raíces (g) | Tallos - Raíz |
|-------------|----------------|----------------|-------------|---------------|
| E. cam - K0 | 7,39 ± 0,6 b | | | |
| E. cam - K1 | 9,18 ± 0,6 a | | | |
| E. cam - Cp | 10,3 ± 0,6 a | 17,4 ± 1,33 a | 8,00 ± 0,62 | 3,59 ± 0,18 a |
| E. cam - Ep | 6,2 ± 0,6 b | 12,1 ± 1,30 b | 7,85 ± 0,62 | 2,37 ± 0,18 b |
| E. glo - Cp | 16,03 ± 1,27 a | 12,42 ± 0,96 a | 4,74 ± 0,37 | 2,59 ± 0,15 |
| E. glo - Ep | 9,94 ± 1,27 b | 7,80 ± 0,96 b | 3,93 ± 0,38 | 2,28 ± 0,15 |

E. cam: *E. camaldulensis*

E. glo: *E. globulus*

K0 y K1: Niveles de K en vivero

Cp y Ep: Control y restricción de riego en plantación

Tasas de Crecimiento Relativo

En ambas especies la restricción de riego durante la plantación redujo la tasa de crecimiento en hoja y tallo, pero no modificó la de raíces (Cuadro N° 6).

Sin embargo, se encontró diferencias en la respuesta de ambas especies de eucalipto como consecuencia de los distintos tratamientos aplicados durante la etapa de vivero.

Así, en *E. globulus* solo se observó mayor tasa de crecimiento de hojas en las plantas K1.

Por su parte en *E. camaldulensis*, las plantas K1 mostraron mayor tasa de crecimiento en biomasa de hojas, tallos y raíces. La restricción hídrica en vivero produjo mayor tasa de crecimiento en hojas y tallo.

Índices de Partición y Eficiencia Foliar

En esta etapa, no se observó efectos derivados de los tratamientos aplicados en el vivero sobre los índices de alocaión relativa en las plantas de *E. globulus* (Cuadro N° 7).

En *E. camaldulensis* las plantas K1 mostraron mayor TAN, RAF y RPF, mientras que las Ev resultaron con mayor TAN, RAF y AFE.

La restricción hídrica durante la plantación mostró diferente respuesta entre las

especies. En *E. globulus* produjo menor RPF y TAN, pero incrementó el área foliar específica (AFE) y la alocaión a raíz (RPR). En *E. camaldulensis* disminuyó el RAF, RPF y la TAN, pero se incrementó el RPR.

Cuadro N° 6
TASA DE CRECIMIENTO RELATIVO EN BIOMASA DE HOJA, TALLO Y RAÍZ
EN PLANTINES DE EUCALIPTO A LA FINALIZACIÓN DEL PERÍODO DE PLANTACIÓN

| Especie | Hojas (g.g ⁻¹ .d ⁻¹) | Tallo (g.g ⁻¹ .d ⁻¹) | Raíces (g.g ⁻¹ .d ⁻¹) |
|-------------|--|--|---|
| E. cam - K0 | 0,0061 ± 0,0008 b | 0,0074 ± 0,0009 b | 0,0093 ± 0,0008 b |
| E. cam - K1 | 0,0096 ± 0,0008 a | 0,0093 ± 0,0009 a | 0,0122 ± 0,0008 a |
| E. cam - Cv | 0,0065 ± 0,0005 b | 0,0074 ± 0,0008 b | 0,0108 ± 0,0008 |
| E. cam - Ev | 0,0091 ± 0,0005 a | 0,0094 ± 0,0008 a | 0,0112 ± 0,0008 |
| E. cam - Cp | 0,0104 ± 0,0008 a | 0,0103 ± 0,0009 a | 0,0108 ± 0,0007 |
| E. cam - Ep | 0,0053 ± 0,0008 b | 0,0065 ± 0,0009 b | 0,0107 ± 0,0007 |
| E. glo - K0 | 0,0115 ± 0,0008 b | 0,0098 ± 0,0009 | 0,0085 ± 0,0008 |
| E. glo - K1 | 0,0139 ± 0,0008 a | 0,0103 ± 0,0009 | 0,0095 ± 0,0008 |
| E. glo - Cv | 0,0122 ± 0,0009 | 0,0097 ± 0,0008 | 0,0079 ± 0,0008 |
| E. glo - Ev | 0,0130 ± 0,0009 | 0,0105 ± 0,0008 | 0,0102 ± 0,0008 |
| E. glo - Cp | 0,0147 ± 0,0009 a | 0,0121 ± 0,0009 a | 0,0096 ± 0,0007 |
| E. glo - Ep | 0,0107 ± 0,0009 b | 0,0081 ± 0,0009 b | 0,0084 ± 0,0007 |

E. cam: *E. camaldulensis*

E. glo: *E. globulus*

K0 y K1: Niveles de K en vivero

Cv y Ev: Control y restricción de riego en vivero

Cp y Ep: Control y restricción de riego en plantación.

Cuadro N° 7
ALOCACIÓN RELATIVA A HOJAS (RAF, RPF, AFE), A RAÍCES (RPR) E ÍNDICE DE EFICIENCIA FOLIAR
(TAN) EN PLANTINES DE EUCALIPTO A LA FINALIZACIÓN DEL PERÍODO DE PLANTACIÓN

| Especie | TAN (g/cm ² hoja. t) | RPF (g hoja/g planta) | AFE (cm ² hoja/g hoja) | RAF (cm ² hoja/g planta) | RPR (g raíz/g) |
|-------------|------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|--|-------------------|
| E. cam - K0 | 0,00028 ± 0,00003 b | 0,255 ± 0,008 b | 82,0 ± 4,1 | 20,72 ± 1,00 b | 0,270 ± 0,001 |
| E. cam - K1 | 0,00036 ± 0,00003 a | 0,273 ± 0,008 a | 83,8 ± 4,1 | 22,82 ± 1,00 a | 0,256 ± 0,001 |
| E. cam - Cv | 0,00028 ± 0,00001 b | 0,265 ± 0,007 | 78,1 ± 4,2 b | 20,62 ± 1,01 b | 0,261 ± 0,001 |
| E. cam - Ev | 0,00035 ± 0,00001 a | 0,265 ± 0,007 | 87,6 ± 4,2 a | 22,93 ± 1,01 a | 0,265 ± 0,001 |
| E. cam - Cp | 0,00036 ± 0,00001 a | 0,289 ± 0,008 a | 83,1 ± 4,2 | 23,90 ± 1,00 a | 0,224 ± 0,002 b |
| E. cam - Ep | 0,00027 ± 0,00001 b | 0,240 ± 0,008 b | 82,6 ± 4,2 | 19,66 ± 1,00 b | 0,301 ± 0,002 a |
| E. glo - K0 | 0,00017 ± 0,00005 | 0,473 ± 0,005 | 128,3 ± 6,9 | 60,11 ± 3,3 | 0,165 ± 0,001 |
| E. glo - K1 | 0,00020 ± 0,00005 | 0,486 ± 0,005 | 135,3 ± 6,9 | 65,59 ± 3,3 | 0,166 ± 0,001 |
| E. glo - Cv | 0,00017 ± 0,00003 | 0,478 ± 0,006 | 127,8 ± 6,2 | 60,91 ± 3,1 | 0,158 ± 0,001 |
| E. glo - Ev | 0,00019 ± 0,00003 | 0,482 ± 0,005 | 135,7 ± 6,2 | 64,79 ± 3,1 | 0,160 ± 0,001 |
| E. glo - Cp | 0,00022 ± 0,00001 a | 0,498 ± 0,008 a | 121,4 ± 5,8 b | 59,90 ± 3,1 | 0,152 ± 0,001 b |
| E. glo - Ep | 0,00014 ± 0,00001 b | 0,462 ± 0,008 b | 142,2 ± 5,8 a | 64,70 ± 3,1 | 0,178 ± 0,001 a |

E. cam: *E. camaldulensis*

K0 y K1:

Cp y Ep:

Niveles de K en vivero

Control y restricción de riego en plantación

E. glo:

Cv y Ev:

E. globulus

Control y restricción de riego en vivero

-Variables Fisiológicas

No se observó efectos derivados de los tratamientos aplicados en el vivero. La restricción hídrica durante la plantación no modificó la gs en las plantas de *E. camaldulensis* (Cuadro N° 8), pero la gs de las plantas de *E. globulus* disminuyó significativamente.

Cuadro N° 8
CONDUCTANCIA ESTOMÁTICA EN PLANTINES DE EUCALIPTO
DURANTE EL PERÍODO DE PLANTACIÓN

| Especie | Conductancia Estomática (mmol/m ² .s) | | |
|-------------|---|----------------|----------------|
| | 15 dpt | 22 dpt | 35 dpt |
| E. cam - Cp | 548,0 ± 41,6 | 580,9 ± 25,6 | 645,8 ± 78,0 |
| E. cam - Ep | 519,8 ± 41,6 | 553,8 ± 25,6 | 553,7 ± 78,0 |
| E. glo - Cp | 577,4 ± 33,1 a | 699,0 ± 38,1 a | 704,1 ± 78,9 a |
| E. glo - Ep | 478,2 ± 33,1 b | 426,9 ± 38,1 b | 298,6 ± 78,9 b |

E.cam: *E. camaldulensis*
 E.glo: *E. globulus*
 Cp y Ep: Control y restricción de riego en plantación
 Dpt: Días post trasplante

No se observó modificaciones ni en el π_{TP} ni en el ξ_{max} en los plantines de *E. globulus* (Cuadro N° 9). En *E. camaldulensis* el π_{TP} fue menor en las plantas K1 y en las Ev, pero no fue modificado por la restricción de riego durante la plantación, sin embargo produjo un ajuste elástico de 2.3 MPa.

Cuadro N° 9
POTENCIAL OSMÓTICO A TURGENCIA PLENA (π_{TP}) Y MÓDULO MÁXIMO DE ELASTICIDAD (ξ_{max})
EN PLANTINES CON DOS NIVELES DE RIEGO EN PLANTACIÓN

| Especie | π_{TP} (MPa) | ξ_{max} (MPa) |
|-------------|---------------------|----------------------|
| E. cam - K0 | -1,25 ± 0,02 b | 16,95 ± 0,6 |
| E. cam - K1 | -1,32 ± 0,02 a | 17,25 ± 0,96 |
| E. cam - Cv | -1,26 ± 0,01 b | 16,94 ± 0,94 |
| E. cam - Ev | -1,31 ± 0,01 a | 17,27 ± 0,94 |
| E. cam - Cp | -1,27 ± 0,02 | 15,93 ± 0,95 b |
| E. cam - Ep | -1,30 ± 0,02 | 18,27 ± 0,95 a |
| E. glo - K0 | -0,95 ± 0,03 | 6,28 ± 0,79 |
| E. glo - K1 | -0,92 ± 0,03 | 7,15 ± 0,79 |
| E. glo - Cv | -0,93 ± 0,02 | 6,94 ± 0,77 |
| E. glo - Ev | -0,93 ± 0,02 | 6,80 ± 0,77 |
| E. glo - Cp | -0,91 ± 0,03 | 6,54 ± 0,79 |
| E. glo - Ep | -0,95 ± 0,03 | 7,20 ± 0,79 |

E.cam: *E. camaldulensis*
 E.glo: *E. globulus*
 Cv y Ev: Control y restricción de riego en vivero
 Cp y Ep: Control y restricción de riego en plantación.

Índices de Plasticidad

El potasio y la disponibilidad hídrica durante la etapa de vivero produjeron modificaciones plásticas de distinto nivel, tanto morfológicas como fisiológicas, en los plantines de ambas especies de eucalipto. La disponibilidad hídrica presentó los mayores valores en el índice de plasticidad en todas las variables evaluadas durante la etapa de vivero (Cuadro N° 10). En la etapa post-plantación, los mayores índices correspondieron al efecto de la restricción de riego durante la

plantación, pero también se observó diferencias entre las especies de eucalipto apreciándose un mayor efecto del nivel de K en *E. camaldulensis* (Cuadro N° 10).

Cuadro N° 10
INDICES DE PLASTICIDAD FENOTÍPICA PARA VARIABLES RESPUESTA FISIOLÓGICAS Y MORFOLÓGICAS EN PLANTINES DE EUCALIPTO. DISTINTOS NIVELES DE FERTILIZACIÓN CON K Y DISPONIBILIDAD HÍDRICA EN LA ETAPA DE VIVERO Y EN LA DE PLANTACIÓN

| VIVERO | <i>E. camaldulensis</i> | | <i>E. globulus</i> | | | |
|---------------------|-------------------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------|------------------|
| | Potasio | Riego | Potasio | Riego | | |
| Fisiológicas | | | | | | |
| Pot. osmótico | 0,005 | 0,112 | 0,053 | 0,137 | | |
| Mód. elasticidad | 0,021 | 0,189 | 0,105 | 0,034 | | |
| Promedio | 0,013 | 0,150 | 0,079 | 0,085 | | |
| Morfológicas | | | | | | |
| Biomasa hoja | 0,100 | 0,284 | 0,152 | 0,142 | | |
| Biomasa de tallo | 0,045 | 0,252 | 0,134 | 0,164 | | |
| Biomasa de raíces | 0,168 | 0,144 | 0,122 | 0,157 | | |
| Promedio | 0,104 | 0,220 | 0,136 | 0,154 | | |
| PLANTACION | <i>E. camaldulensis</i> | | | <i>E. globulus</i> | | |
| | Potasio | Riego Vivero | Riego Plantación | Potasio | Riego Vivero | Riego Plantación |
| Fisiológicas | | | | | | |
| Pot. osmótico | 0,030 | 0,015 | 0,045 | 0,030 | 0,006 | 0,046 |
| Mód. elasticidad | 0,017 | 0,018 | 0,128 | 0,012 | 0,020 | 0,090 |
| Promedio | 0,023 | 0,016 | 0,086 | 0,076 | 0,013 | 0,060 |
| Morfológicas | | | | | | |
| Biomasa hoja | 0,195 | 0,070 | 0,391 | 0,028 | 0,063 | 0,379 |
| Biomasa de tallo | 0,135 | 0,070 | 0,303 | 0,002 | 0,103 | 0,371 |
| Biomasa de raíces | 0,081 | 0,062 | 0,018 | 0,006 | 0,022 | 0,170 |
| Promedio | 0,137 | 0,046 | 0,237 | 0,012 | 0,062 | 0,306 |

DISCUSION Y CONCLUSIONES

La restricción hídrica durante la etapa de plantación produjo una disminución significativa en la biomasa de ambas especies. La reducción en la acumulación de biomasa (especialmente de hojas y tallos) y en el crecimiento en plantas de eucalipto sometidas a restricción de riego es una respuesta conocida (Osorio *et al.*, 1998; Lemcoff *et al.*, 2002; Guarnaschelli *et al.*, 2003; Guarnaschelli *et al.*, 2006).

Sin embargo, las prácticas de aclimatación aplicadas en la etapa de vivero, tendientes a disminuir ese efecto, mostraron resultados diferentes entre *E. camaldulensis* y *E. globulus*. Al término de esa etapa la restricción hídrica no afectó la biomasa en los plantines de *E. globulus*, y si bien disminuyó la biomasa de los tallos, las hojas y las raíces en las plantas de *E. camaldulensis*, en las plantas Ev de dicha especie se observó una mayor alocaión relativa hacia las raíces, siendo este tipo de respuesta similar a la observada por Pereira y Chaves (1993).

También se observó respuestas de aclimatación fisiológica. En concordancia con resultados de otros autores (Tuomela, 1997; Guarnaschelli *et al.*, 2001; Lemcoff *et al.*, 2002; Merchant *et al.*, 2007) se observó ajuste osmótico en ambas especies de eucalipto y, además, un endurecimiento de la pared celular en *E. camaldulensis*. La capacidad de realizar ajuste osmótico puede considerarse una respuesta de aclimatación a la sequía (Geiger y Servaites, 1991) permitiendo mantener la presión de turgencia para mantener los estomas abiertos y admitir el

ingreso de dióxido de carbono para la fotosíntesis (Nilsen y Orcutt, 1996). Un mayor módulo de elasticidad estabiliza el contenido hídrico y ayuda a mantener la diferencia entre los potenciales agua del suelo y de la planta favoreciendo la absorción de agua sin cambios significativos en el contenido hídrico de los tejidos (Nilsen y Orcutt, 1996). En este trabajo las plantas de *E. globulus* solo mostraron una aclimatación fisiológica derivada de la realización de ajuste osmótico en contraste con trabajos previos (Guarnaschelli *et al.*, 2003; Guarnaschelli *et al.*, 2006). No siempre se observa diferencias en las variables hídricas en plantas de *E. globulus* regadas y no regadas, y respuestas como el ajuste osmótico y/o elástico no son consistentes en esta especie (White *et al.*, 1996), dependiendo de la subespecie (Wang *et al.*, 1988), de la época del año (Correia *et al.*, 1989) o el clon analizado (Osorio *et al.*, 1998). En este ensayo, se produjo ajuste osmótico y este resultado es contrario al encontrado por Wang *et al.* (1988) con la misma procedencia (Flinders Island). Correia *et al.* (1989) tampoco observaron efecto de la fertilización en las variables hídricas ante una situación de sequía en plantas de *E. globulus*.

En ningún caso se observó, en esta etapa, efecto de la mayor dosis de K. En relación a lo anterior, los mayores índices de plasticidad como respuesta a la restricción hídrica con relación a los derivados del agregado de K indican también que el régimen de riego tuvo más impacto sobre los atributos de las plantas evaluados en este estudio. A su vez, y en general, los valores de los índices resultaron mayores en *E. camaldulensis* que en *E. globulus*. La plasticidad fenotípica es una característica variable entre especies (Valladares *et al.*, 2005; Castro-Díez *et al.*, 2006; Guarnaschelli *et al.*, 2012), entre poblaciones de una misma especie (Guarnaschelli *et al.*, 2001; Guarnaschelli *et al.*, 2006) y dependiente del gradiente de recursos disponibles para las plantas (Valladares *et al.*, 2002).

En la etapa de plantación continuaron manifestándose diferencias en las respuestas de ambas especies y las prácticas de riego y fertilización aplicadas en la etapa de vivero tuvieron particular influencia en el comportamiento de las plantas de *E. camaldulensis* después del trasplante. Si bien la menor disponibilidad de agua durante la plantación disminuyó la biomasa aérea en esta especie, las mayores tasas de crecimiento aéreo y radical se observaron en plantines que habían sido sometidos a un período de restricción hídrica en vivero y que recibieron una mayor dosis de K. Los efectos positivos del agregado de K sobre respuestas morfológicas y fisiológicas en distintas especies fueron presentados por varios autores. En plantas de *E. globulus* el agregado de K produjo un descenso adicional en el potencial osmótico a turgencia plena (Guarnaschelli *et al.*, 2010 y 2012). En otros trabajos también se destaca el efecto del K mejorando la tolerancia a la sequía, la eficiencia en el uso del agua, en el crecimiento y la aclimatación de las plantas (Eakes *et al.*, 1991; Egilla *et al.*, 2005).

Dentro del sistema de producción forestal es muy importante que las plantas tengan una buena respuesta al trasplante, y en particular ante condiciones de baja disponibilidad hídrica, manifestada a través de sus tasas de crecimiento. En general, las plantas más pequeñas tienen TCR altas que luego tienden a disminuir. Por lo tanto, los plantines que fueron sometidos a restricción hídrica durante la etapa de vivero pueden tener mayores TCR simplemente debido a su menor tamaño al momento de trasplante.

Sin embargo una suma de respuestas fisiológicas y morfológicas podría explicar estas mayores tasas de crecimiento observadas en las plantas K1 y Ev de *E. camaldulensis* a partir de mejorar la disponibilidad de agua para las mismas; ajuste osmótico, el endurecimiento de las paredes celulares, una mayor proporción de biomasa destinada a raíces y mantenimiento de la conductancia estomática durante la etapa de restricción hídrica en la plantación.

Por otro lado, la tasa de crecimiento relativo también puede explicarse en función de un mayor rendimiento fotosintético (mayor TAN), mayor distribución relativa de fotosintatos hacia el área foliar (mayor RAF), o por combinación de ambas. En tal sentido, las plantas de *E. camaldulensis* K1 y Ev mostraron mayor TAN y mayor RAF.

En las condiciones de restricción hídrica durante la plantación, el área foliar específica no se modificó en *E. camaldulensis* y aumentó significativamente en *E. globulus*. En especies leñosas (entre ellas *Eucalyptus*) el área foliar específica muestra respuestas contrastantes ante condiciones de estrés hídrico. Puede disminuir (Pita y Pardos, 2001; Ngugi *et al.*, 2003) o bien aumentar

(Galmes *et al.*, 2005). El estrés hídrico disminuyó la alocaación relativa a hojas en ambas especies de manera similar a lo encontrado por Gindabaa *et al.* (2005), pero en contraste con esos autores se encontró un aumento en la alocaación relativa a raíz (cabe destacar que ya se había producido un aumento similar en *E. camaldulensis* en la etapa de vivero).

Tanto en la finalización de la etapa de vivero como en la de plantación los índices de plasticidad morfológica resultaron superiores a los fisiológicos en ambas especies. Galmes *et al.* (2005) postulan que los ajustes morfológicos se producirían solo en los estados tempranos de desarrollo de las plantas leñosas. Sin embargo, en otros trabajos, y en distintas especies, se reportan mayores índices de plasticidad fisiológica (Valladares *et al.*, 2000; Guarnaschelli *et al.*, 2010).

Para las condiciones de este ensayo y de acuerdo a los valores hallados para los índices de plasticidad, *E. camaldulensis* mostró mayores valores de ajuste morfológico que *E. globulus*. Estos resultados resultan contradictorios si se considera que en general se acepta que la plasticidad es mayor en plantas con ambientes más ricos en recursos (Grime *et al.*, 1986). En términos de precipitaciones la semilla de *E. camaldulensis* utilizada es de una zona con 452 mm anuales y la de *E. globulus* de una zona con 743. Sin embargo, Aikio y Markkola (2002) establecen lo contrario y para estos autores las plantas son más plásticas si proviene de ambientes con menos recursos. En ambientes ricos las plantas no necesitarían plasticidad para modificar su alocaación relativa; con recursos limitados un cambio de alocaación en concordancia con el recurso limitante puede conducir a incrementos en las tasas de crecimiento.

El establecimiento de los plantines forestales es una etapa crítica que depende fuertemente de la disponibilidad de agua. Las plantas trasplantadas sufren un estrés fisiológico severo porque su capacidad de absorción de agua se ve fuertemente disminuida (Kozlowski y Pallardy, 2002). Es fundamental que las plantas manifiesten una buena respuesta al trasplante a través de sus tasas de crecimiento.

La información presentada sugiere que prácticas de manejo diferencial de recursos durante la etapa de vivero pueden generar respuestas de aclimataación con efectos beneficiosos post-trasplante. Así, períodos de baja disponibilidad de agua y una mayor disponibilidad de K mejoran el crecimiento de los plantines de eucalipto después del trasplante. Sin embargo, y considerando que en el caso de *E. globulus* las respuestas fueron distintas e inclusive sin diferencias significativas con los controles la aplicación de dichas prácticas culturales debería ajustarse en función de cada especie.

Los resultados de este trabajo aportan información que permitiría ajustar programas de fertilización y aclimataación a la sequía en vivero y destacan la necesidad de regular y/o adecuar las tareas de acuerdo a la especie en cuestión.

REFERENCIAS

- Aikio, S.; Markkola, A., 2002. Optimality and phenotypic plasticity of shoot-to-root ratio under variable light and nutrient availabilities. *Evol. Ecol.* 16: 67–76, 2002.
- Burdett, A. N., 1990. Physiological processes in plantation establishment and the development of specification for forest planting stock, *Can. J. For. Res.* 20: 415–427.
- Chamshama, S. A. and Hall, J. B., 1987. Effects of nursery treatments on *Eucalyptus camaldulensis* field establishment and early growth at Mafiga, Morogoro, Tanzania. *For. Ecol. Manage.* 21: 91-108.
- Castro-Diez, P.; Navarro, J.; Pintado, A.; Sancho, L. G. and Maestro, M., 2006. Interactive effects of shade and irrigation on the performance of seedlings of three Mediterranean *Quercus* species. *Tree Physiol.*, 26: 389–400
- Correia, M.; Torres, F. and Pereira, J., 1989. Water and nutrient supply regimes and the water relations of juvenile leaves of *Eucalyptus globulus*. *Tree Physiol.* 5: 459-475
- Cozzo, D., 1995. Silvicultura de plantaciones maderables. Orientación Gráfica Editora. Buenos Aires, Argentina

Eakes, D. J.; Wright, R. D. and Seiler, R., 1991. Potassium nutrition and moisture stress tolerance of *Salvia*. Hort. Science 26: 422,

Egilla, J. N.; Davies, F. T. and Boutton, T. W., 2005. Drought stress influences leaf water content, photosynthesis, and water-use efficiency of *Hibiscus Rosa sinensis* at three potassium concentrations. Photosynth. 43 (1): 135-140.

Galmes, J.; Cifre, J.; Medrano, H. and Flexas, J., 2005. Modulation of relative growth rate and its components by water stress in Mediterranean species with different growth forms. Oecol. 145: 21–31

Garau, A. M.; Guarnaschelli, A. B.; Mema, V.; Pathauer, P. and Lemcoff, J. H., 2004. Tissue water relations in Eucalyptus seedlings: Effects of species, K fertilization and drought. Conferencia Internacional IUFRO Eucalyptus in a Changing World. Aveiro, Portugal.

Garau, A. M., 2012. Los recursos forestales en el mundo y Argentina. C.I.F.A. Facultad Agronomía. UBA. 16 pgs.

Geiger, D. and Servaites, J., 1991. Carbon allocation and response to stress. Páginas 103-127 en H. Mooney, W. Winner y E. Pell, editores. Response of plants to multiple stresses. Academic Press, New York, USA.

Gindabaa, J.; Rozanovb, A. and Negashc, L., 2005. Photosynthetic gas exchange, growth and biomass allocation of two *Eucalyptus* and three indigenous tree species of Ethiopia under moisture deficit. For. Ecol. Manage. 205: 127–138

Grime, J. P.; Crick, J. C. and Rincon, J. E., 1986. The ecological significance of plasticity. In D.H. Jennings and A.J. Trewavas (eds) Plasticity in Plants pp. 5–29. Symposia of the Society for Experimental Biology No. 40. Company of Biologists, Cambridge.

Guarnaschelli, A. B.; Lemcoff, J. H.; Prystupa, P. and Basci, S., 2003. Responses to drought preconditioning in *Eucalyptus globulus* Labill. provenances. Trees 17: 501-509.

Guarnaschelli, A. B.; Prystupa, P. and Lemcoff, J. H., 2006. Drought conditioning improves water status, stomatal conductance and survival of *Eucalyptus globulus* subsp. *bicostata*. Ann. For. Sci. 63: 941-950.

Guarnaschelli, A. B.; Garau, A. M. y Caccia, F., 2006. Respuestas al déficit hídrico y lumínico durante el establecimiento de *Salix*. Jornadas de Salicáceas. Buenos Aires.

Guarnaschelli, A. B.; Ruiz Nuñez, J.; Chiavassa, J. A.; Fedotova, N. y Garau, A. M., 2010. Aclimatación en vivero en plantas de *Eucalyptus* por restricción hídrica y fertilización potásica. XXIV Jornadas Forestales de Entre Ríos. Concordia, Entre Ríos.

Guarnaschelli, A. B.; Garau, A. M.; Caccia, F. D. and Cortizo, S. C., 2008. Physiological responses to shade and drought in young Willow plants. 23rd Session of the International Poplar Commission. "Poplars, willows and people's wellbeing". Beijing, China.

Guarnaschelli, A. B.; Chiavassa, J. A. y Garau, A. M., 2012. Respuestas fisiológicas, resistencia al estrés y crecimiento de plantas de *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus grandis* modificadas por potasio bajo condiciones de sequía. Congreso Latinoamericano de *Eucalyptus*. Pucón, Chile.

Hunt, R., 1982. Plant growth curves. The functional approach to plant growth analysis. University Park Press, Baltimore, Gran Bretaña.

Kleiner, K. W.; Abrams, M. D. and Schultz, J. C., 1992. The impact of water and nutrient deficiencies on the growth, gas exchange and water relations of Red Oak and Chestnut Oak. Tree Physiol 11:271–287

Kozłowski, T. and Pallardy, S. G., 1997. Physiology of woody plants. Second Edition. Academic Press, Nueva York.

Kozłowski, T. T. and Pallardy, S. G., 2002. Acclimation and adaptive responses of woody plants to environmental stresses. Bot. Rev. 68: 270-334.

Lambers, H. and Poorter, H., 1992. Inherent variation in growth rate between higher plants: A search for ecological causes and consequences. Adv. Ecol. Res. 23:187–261

Landis, T. D., 1989. Irrigation and water management. En Landis, T. D.; Tinus, R. W.; McDonald, S. E. y Barnett, J. P. The Container Tree Nursery Manual, vol. 4. Agric. Handbook. 674. Washington, D. C. USDA Forest Service: 1-39.

Lemcoff, J; Guarnaschelli, A; Garau, A.; Basciali, M. and Ghersa, C., 1994. Osmotic adjustment and its use as selection criterion in *Eucalyptus* seedlings. *Can. J. For. Res.* 24:2404-2408.

Lemcoff, J; Guarnaschelli, A; Garau, A. and Prystupa, P., 2002. Elastic and osmotic adjustment in rooted cuttings of several clones of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. from southeastern Australia after a drought. *Flora.* 197:134-142.

Margolis, H. A. and Brand, D. G., 1990. An ecophysiological basis for understanding plantation establishment. *Can.J.For.Res.* 20: 375-390.

Marschner, H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Ed. Academic Press, San Diego, California, USA.

Mema, V.; Garau, A.; Guarnaschelli, A. y Lemcoff, J., 2003. Fertilización de *Eucalyptus globulus* en vivero: Modificaciones morfológicas y fisiológicas inducidas por diferentes niveles de fertilización nitrogenada y potásica y su relación con la tolerancia al estrés hídrico en plantación. Primer Simposio Ibeoroamericano de *Eucalyptus globulus*. Montevideo, Uruguay.

Merchant, A.; Callister, A.; Arndt, S.; Tausz, M. and Adams, M., 2007. Contrasting physiological responses to water deficit in six *Eucalyptus* species. *Ann. Bot.* 100: 1507–1515.

Nilsen, E. and Orcutt, D., 1996. The physiology of plants under stress. Wiley, Nueva York.

Ngugi, M. R.; Hunt, A.; Doley, D.; Ryan, P. and Dart, P., 2003. Dry matter production and allocation in *Eucalyptus cloeziana* and *Eucalyptus argophloia* seedlings in response to soil water déficits. *New For.* 26: 187–200, 2003.

Osório, J.; Osório, M. L.; Chaves, M. and Pereira, J. S., 1998. Effects of water deficits on ^{13}C discrimination and transpiration efficiency of *Eucalyptus globulus* clones. *Aust. J. Plant Physiol.*25: 645–653

Pereira, J. S. and Chaves, M. M., 1993. Plant water deficits in Mediterranean ecosystems. *In Water Deficits: Plant Responses from Cell to Community.* J. A. C. Smith y H. Griffiths, Eds. Bios Scientific Publishers, Oxford. Págs. 237-250

Plante, E.; Garau, A. y Lemcoff, J. H., 2002. Fertilización diferencial con potasio en vivero. Modificaciones morfológicas y fisiológicas en plantines de eucalipto. XI Reunión Latinoam. Fisiología Vegetal- XXIV Reunión Argentina de Fisiología Vegetal- I Congreso Uruguayo de Fisiología Vegetal.

Pita, P. and Pardos, J., 2001. Growth, leaf morphology, water use and tissue water relations of *Eucalyptus globulus* clones in response to water deficit. *Tree Physiol.* 21: 599-607.

Reis, G.; Reis, M. e Maestri, M., 1988. Crescimento e relações hídricas de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus camaldulensis* em tubetes sob tres regimes de irrigação. *Rev. Arbore* 12: 183-195.

Sasse, J. and Sands, R., 1996. Comparative responses of cuttings and seedlings of *Eucalyptus globulus* to water stress. *Tree Physiol.* 16: 287-294

Schulte, P. and Hinckley, T., 1985. A comparison of pressure-volume curve data analysis technique. *Tree Physiol.* 2: 89-103

Soriano, A., 1991. Río de la Plata grasslands. Páginas 367-407 en R. Coupland, editor. *Ecosystems of the world. Natural Grasslands. Introduction and Western Hemisphere.* Elsevier. Amsterdam.

Teixeira, P. C.; Moraes Gonçalves, J. L.; Arthur Junior, J. C. and Dezordi, C., 2008. *Eucalyptus* sp. seedling response to potassium fertilization and soil water: Matéria seca e relações hídricas em mudas de *Eucalyptus* sp. em função da fertilização potássica e da umidade do solo. *Ciência Flor.*, 18 (1): 47-63

Tuomela, K., 1997. Leaf water relations in six provenances of *Eucalyptus microtheca*: A greenhouse experiment. *For. Ecol. Manage.* 92 (1-3): 1-10

Valladares, F.; Wright, S. J.; Lasso, E.; Kitajima, K. and Pearcy, W., 2000. Plastic phenotypic response to light of 16 congeneric shrubs from a Panamanian rainforest. *Ecol.* 81:1925–1936

Valladares, F.; Chico, J. M.; Aranda, I.; Balaguer, L.; Dizengremel, P.; Manrique, E. and Dreyer, E., 2002. The greater seedling high-light tolerance of *Quercus robur* over *Fagus sylvatica* is linked to a greater physiological plasticity. *Trees* 16: 395-403.

Valladares, F.; Dobarro, I.; Sanchez-Gomez, D. and Percy, R., 2005. Photoinhibition and drought in Mediterranean Woody saplings: scaling effects and interactions in sun and shade phenotypes. *Jour. Exper. Bot.*, 56: 483–494

van den Driessche, R., 1991. Influence of container nursery regimes on drought resistance of seedlings following planting. I. Survival and growth, *Can. J. For. Res.* 21: 555–565.

van den Driessche, R., 1992. Changes in drought resistance and root growth capacity of container seedlings in response to nursery drought, nitrogen and potassium treatments, *Can. J. For. Res.* 22: 740–749.

von Wernich, M. y Lavado, R., 2001. El potasio en viveros forestales de eucaliptos. *En Actas del Primer Simposio FAUBA-IPI-Fertilizar INTA.* Págs. 199-205.

Wang, D.; Bachelard E. and Banks, J., 1988. Growth and water relations of seedlings of two subspecies of *Eucalyptus globulus*. *Tree Physiol.* 4:129-138.

White, D.; Beadle, C. and Worledge, D., 1996. Leaf water relations of *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus* and *E. nitens*: seasonal, drought and species effects. *Tree Physiol.* 16: 469-476.

White, D.; Turner; N. and Galbraith, J., 2000. Leaf water relations and stomatal behavior of four allopatric *Eucalyptus* species planted in Mediterranean southwestern Australia. *Tree Physiol.* 20:1157-1165

ESTABLECIMIENTO DE UNA RED EXPERIMENTAL PARA EL ESTUDIO DEL CRECIMIENTO Y LA PRODUCCIÓN DE *Eucalyptus globulus* LABILL. EN EL NO DE ESPAÑA METODOLOGÍA Y PRIMEROS RESULTADOS

García-Villabrille, Juan Daniel⁸; Pérez-Cruzado, César⁹; Crecente-Campo, Felipe¹; Rodríguez-Soalleiro, Roque¹⁰; Diéguez-Aranda, Ulises¹; Rojo-Alboreca, Alberto¹

RESUMEN

En este estudio es presentada una red de parcelas semipermanentes para el estudio del crecimiento y la producción de las plantaciones de *Eucalyptus globulus* Labill. del NO de España (Galicia y Asturias), instalada por la "Unidade de Xestión Forestal Sostible" (UXFS) de la Universidad de Santiago de Compostela. Esta red busca representar adecuadamente las posibles combinaciones de edad, calidad de estación y densidad existentes en la región, así como diferenciar entre las plantaciones clonales y no clonales, y entre primeros y sucesivos turnos.

Con esta red se pretende obtener, en un plazo de tiempo lo más corto posible, información adecuada y suficiente para elaborar o actualizar herramientas selvícolas de apoyo a la toma de decisiones como curvas de calidad de estación, tablas de producción, diagramas de manejo de la densidad o modelos dinámicos de rodal, tarifas de cubicación con clasificación de productos, tarifas de biomasa o de contenido en carbono. Dichas herramientas se implementarán en programas informáticos de sencillo manejo (GesMO[®]), que facilitarán la simulación de tratamientos selvícolas y el uso de los modelos para la gestión sostenible de estas plantaciones.

Actualmente la base de datos está formada por 164 parcelas en total, de las cuales 115 corresponden a plantaciones de brinzales (primer turno), en las que se está centrando el trabajo, 13 a plantaciones de chirpiales (segundos turnos) y 36 a masas clonales (principalmente de los clones Anselmo y Odiel).

En todas las parcelas se está realizando un segundo inventario. En este trabajo se describe la metodología utilizada para la selección, instalación e inventario de las parcelas.

Como resultados iniciales de las mediciones en la red se presenta ecuaciones de cubicación de rodal y de biomasa de árbol individual, y se discute la necesidad de distinguir entre primeros y segundos turnos y entre masas clonales y no clonales.

Palabras clave: Eucalipto azul, volumen, biomasa

⁸ Unidade de Xestión Forestal Sostible. Departamento de Ingeniería Agroforestal. Escuela Politécnica Superior (Universidad de Santiago de Compostela), Campus universitario s/n, 27002 Lugo, España. juandaniel.garcia@usc.es; felipe.crecente@usc.es; ulises.dieguez@usc.es; alberto.rojo@usc.es.

⁹ Forest Inventory and Remote Sensing. Faculty of Forest Sciences and Forest Ecology. Burckhardt-Institute (Georg-August-University Göttingen), Büsgenweg 5, 37077 Göttingen, Alemania. cepecruzado@gmail.com

¹⁰ Unidade de Xestión Forestal Sostible. Departamento de Producción Vegetal. Escuela Politécnica Superior (Universidad de Santiago de Compostela), Campus universitario s/n, 27002 Lugo, España. roque.rodriguez@usc.es

SUMMARY

This work presents a semi-permanent sample plot network for the study of growth and yield of *Eucalyptus globulus* Labill. plantations in the NW of Spain (Galicia and Asturias), installed by the "Unidade de Xestión Forestal Sostible" (UXFS) (in English: Sustainable Management Forest Unit) of the University of Santiago of Compostela. This network was created in order to represent adequately the possible combinations of age, site quality and stand density in the region, as well as to make different sampling groups between clonal and non-clonal plantations, and between first and successive rotations.

The objective of the network is to collect, within the shortest possible time, sufficient and adequate information to develop or update silvicultural tools to support decision making, like site quality curves, yield tables, stand density management diagrams, dynamic stand growth models, volume equations with product classification, biomass and carbon content equations, etc. All these tools will be implemented in easy-to-use software (GesMO[®]), which will allow the simulation of silvicultural treatments and the use of models to achieve sustainable management for the plantations.

The network has currently 164 plots, 115 are seedling plots (first rotation), 13 are coppice plots (second rotation) and 36 are clonal plots.

In all plots a second inventory is being carried out. The paper describes the methodology used for the selection, installation and inventory of the plots.

As initial results, stand volume and individual biomass equations are presented. The need to separate between first and second rotation and between clonal and non-clonal stands is also discussed.

Key words: Blue gum, volume, biomass

INTRODUCCIÓN

El género *Eucalyptus*, que incluye casi 600 taxones originarios en su mayoría de Australia (Chippendale, 1988), es uno de los más ampliamente extendidos por todo el mundo debido a la importancia productiva de sus plantaciones, ocupando más de 20 millones de hectáreas en el año 2009 (Iglesias-Trabado *et al.*, 2009). Según esa misma fuente, en España hay unas 640.000 ha de eucaliptales, estando representadas cerca de 80 especies del género (De la Lama, 1976), y siendo *Eucalyptus globulus* Labill. la más importante por su extensión superficial y su producción, cuyas plantaciones cubren más de 400.000 ha en el N y NO de España. La mayoría de esas plantaciones se encuentran en Galicia (principalmente en las provincias de A Coruña y Lugo), donde *E. globulus* es una de las especies forestales con mayor representación superficial, ocupando 287.983,79 ha en masas puras (incluyendo una pequeña proporción de *E. nitens* H. Deane & Maiden en Lugo y de *E. viminalis* Labill. en Pontevedra) y 145.932,05 ha en masas mezcladas, principalmente con *Pinus pinaster* Ait. y *Quercus robur* L. (MMAMRM, 2011).

Además, *E. globulus* es la especie de mayor importancia económica, con un volumen de corta anual superior al millón de metros cúbicos en el período 1994-2002, superando al volumen medio cortado anualmente de coníferas, que no llegó a 900.000 m³ en ese mismo período (Xunta de Galicia, 2002). La importancia de esta especie de eucalipto se acentúa si se considera que es la principal productora de pasta de celulosa de fibra corta (la de mayor calidad) de toda la Unión Europea, siendo España y Portugal los principales productores de BEKP (*bleached eucalypt kraft pulp*). Conviene recordar que la madera (y sus derivados) son el segundo producto más deficitario e importado en la Unión Europea después de los energéticos (petróleo y gas natural).

A pesar de la importancia económica de *Eucalyptus globulus*, y de que se conoce bastante bien su silvicultura (Ruiz *et al.*, 2008; González-Río *et al.*, 1997), hay un déficit de modelos de crecimiento o tablas de producción en España para la especie. Dichas herramientas resultan imprescindibles para la planificación forestal, ya que permiten simular diferentes alternativas selvícolas, estimar la producción y fundamentar la toma de decisiones en procesos de optimización económica, lo que facilita la selección del mejor tratamiento en cada caso.

Los trabajos desarrollados en España hasta ahora son modelos estáticos (tablas de producción) elaborados para Galicia por Fernández López (1982, 1985) y recopilados en Madrigal *et al.* (1999). Dados los profundos cambios en los métodos de repoblación y aprovechamiento, así como en los marcos de plantación y en la mejora genética de la especie durante las últimas décadas, dichos modelos presentan una dudosa validez para su aplicación actual. García y Ruiz (2003) desarrollaron un modelo dinámico, pero los propios autores indican ciertas deficiencias en el modelo ya que los datos utilizados solo pertenecían a parcelas de chirpiales de primer brote, de tamaño reducido (200 m²), no diseñadas inicialmente para modelización, y los datos recogidos eran de baja calidad. Más recientemente, Pérez-Cruzado *et al.* (2011) desarrollaron unos modelos estáticos para la especie con inclusión de variables de producción energética, aunque sin distinguir en cuanto al material de partida.

Existen otros trabajos que cubren parcialmente diferentes aspectos de la producción, pero ninguno dispone de datos que cubran toda el área de extensión de la especie. Estos trabajos son una relación altura-diámetro generalizada, una herramienta de cubicación de árbol individual con y sin clasificación de productos (Sánchez *et al.*, 2004), una ecuación de cubicación y otra de estimación del diámetro a partir de las dimensiones del tocón, y ecuaciones de biomasa y de contenido en carbono (Brañas *et al.*, 2000a, 2000b; Balboa-Murias, 2005), todos ellos recogidos en Diéguez-Aranda *et al.* (2009).

Dada la importancia económica de *Eucalyptus globulus* y teniendo en cuenta la falta de herramientas de apoyo a la gestión y la planificación, queda justificada la necesidad de elaborar modelos operativos para esta especie en el NO de España, y para ello se solicitó en 2010 una ayuda al Ministerio de Ciencia e Innovación para la realización del proyecto de investigación "Modelización del crecimiento y la producción en plantaciones de brinzales de *Eucalyptus globulus* Labill. del NO de España". Dicho proyecto fue aprobado (código AGL2010-22308-C02-01), con una financiación de la Unión Europea mediante fondos FEDER, para un período de tres años (2011 a 2013).

El objetivo fundamental de este trabajo es describir la metodología seguida en la instalación de una red de parcelas apta para el estudio del crecimiento y la producción de *Eucalyptus globulus* en el NO de España, dentro del mencionado proyecto de investigación, así como la metodología de toma de datos en el inventario y en árboles tipo. Además se presenta los resultados iniciales (provisionales) para tarifas de cubicación y ecuaciones de biomasa.

MATERIAL Y MÉTODOS

Zona de Estudio

La red de parcelas instalada se extiende por todo el área de distribución de *Eucalyptus globulus* en Galicia (NO de España), coincidente con una franja de unos 45-50 km desde el litoral hacia el interior, con altitudes comprendidas entre el nivel del mar y un máximo de 600 msnm. Con el fin de desarrollar modelos de gran representatividad, fue necesario cubrir una gran variedad de combinaciones respecto a edades, calidades y densidades, diferenciando entre plantaciones clonales y no clonales, y dentro de éstas últimas entre brinzales (primera plantación) y chirpiales (rebrote), así como entre el material geológico de partida, que puede ser clasificado en dos grandes grupos en función del comportamiento de la especie en la zona de estudio (granitos y esquistos), si bien hay una pequeña representación sobre cuarzoesquistos y sobre rocas básicas. En el caso de las plantaciones clonales no se distinguió entre primera plantación y rebrote, pues actualmente la mayoría de las mismas en el NO de España son muy jóvenes y no han llegado al primer turno de corta.

Otro aspecto importante es el uso previo del suelo, habiendo una alta proporción de parcelas instaladas en terrenos forestales frente a los de anterior carácter agrícola. Esto es representativo de la realidad de las plantaciones gallegas, ya que se ha producido un cambio reciente en los usos del suelo motivado principalmente por el abandono de las labores agrícolas y por un mayor conocimiento de la rentabilidad de la especie, sobre todo en el norte de la región (provincias de Lugo y La Coruña).

Para la localización de los sitios de muestreo se contó con el apoyo de diferentes asociaciones y empresas forestales de toda la región, cubriendo así otro aspecto importante como es el mercado. La mayor parte de las parcelas se instaló en montes que pertenecen o están gestionados por la empresa ENCE (Energía y Celulosa), o en plantaciones de propietarios privados asociados, cuyo destino, mayoritariamente, es dicha empresa de celulosa. Se trata de una zona donde predominan propiedades particulares de pequeño tamaño, con superficies medias inferiores a 0,35 ha, por lo que se añade una dificultad en la localización de rodales adecuados como se explica en el epígrafe siguiente. Otra parte de la muestra, con menor representación, cubre la otra parte del mercado (minoritaria) que aprovecha la madera para la elaboración de tableros de fibras, postes, laminados, etc.

Prospección de Campo

Una vez analizada la zona de estudio, se realizó visitas de campo con la información aportada por las entidades colaboradoras en el proyecto. En esta fase se determinó la posibilidad de instalar o no una parcela en un rodal concreto. Los aspectos más importantes de cara a la instalación de parcelas fueron: i) Poder levantar una parcela de al menos 500 m², que permitiera evitar el efecto borde en todo su contorno, dejando una distancia mayor o igual a 15 m hasta el borde del rodal; ii) Tener la certeza de que será viable realizar, al menos, un segundo inventario; iii) Que la parcela fuera representativa del rodal respecto a diámetros, alturas, número de marras, densidad, estado sanitario y deformaciones en el fuste; iv) Conocer su edad exacta; y v) De una forma menos restrictiva, tener la posibilidad de apeaar árboles tipo en las inmediaciones de la parcela, o bien en zonas de aprovechamiento cercanas de edad conocida.

Con la visita de campo se hizo una primera estimación de la altura dominante del rodal, para lo que se midió la altura de 3-4 árboles dominantes con hipsómetro Vertex IV. De esta forma se pudo tener una primera estimación del índice de sitio a partir del modelo disponible hasta la

fecha (García y Ruiz, 2003), a pesar de que presenta ciertas deficiencias en estaciones de buena calidad.

Levantamiento de Parcelas e Inventario

Es la segunda fase de los trabajos de campo, que consistió en la instalación y medición de las parcelas que cumplían los requisitos anteriormente mencionados, el procedimiento seguido fue el que mantiene el grupo de investigación "Unidade de Xestión Forestal Sostible" (UXFS), de la Universidad de Santiago de Compostela, desde hace 15 años en las redes de otras especies estudiadas con anterioridad y que ha proporcionado buenos resultados. La metodología seguida para la instalación de parcelas de crecimiento y producción se describe en Diéguez-Aranda *et al.* (2009), y por otra parte la UXFS redacta protocolos de actuación según especies, que son actualizados en función de las experiencias adquiridas.

Las parcelas instaladas son rectangulares, de aproximadamente 25 m de lado en curva de nivel por 20 m en línea de máxima pendiente. Las esquinas se sitúan siempre en el cruce de dos calles de la plantación. El inventario dasométrico comienza siguiendo las filas de árboles en línea de máxima pendiente, quedando identificado cada árbol por una marca a la altura normal (1,3 m desde el suelo, aguas arriba) y un número correlativo, considerando las marras. La marca sobre los árboles se realiza con spray y no con chapas, debido a que éstas pueden dañar el cambium, produciendo formaciones de kino.

Los datos tomados para cada árbol son: i) Dos diámetros en cruz (precisión en mm) a la altura normal con forcípula milimetrada, uno en la dirección de la fila de árboles y otro perpendicular, evitando incluir la corteza desgajada del tronco sin desprenderse del mismo; ii) Altura total (precisión en dm) con hipsómetro digital; iii) Altura de copa viva (dm), considerando ésta como el punto donde se insertan ramas que forman parte de la copa de forma continua, y no las ramas aisladas por debajo de este punto; iv) Número de árbol y número de cepa, teniendo en cuenta las bifurcaciones por debajo de la altura normal y los chirpiales que, además de las parcelas propias de este tipo de plantaciones, también pueden aparecer en plantaciones de semilla o de clon donde el pie original queda dañado y es sustituido por brotes; v) Una serie de datos codificados por código binario (0,1) para identificar diferentes malformaciones del árbol: *R*, para evaluar la rectitud; *T*, para árboles inclinados; *B*, para árboles bifurcados; $C + (T \text{ o } R)$, para copa torcida o rota; y *PS*, para árboles con la punta seca.

Tras el inventario se añade información relativa a la parcela, cuya evaluación o medición mejora tras el inventario pie a pie, como marco de plantación, estado sanitario anormal, pedregosidad, daños por fauna salvaje, medidas de ayuda a los plantones, podas, deformaciones frecuentes, etc.

El segundo y sucesivos inventarios se está realizando transcurrido un año y con un margen de \pm una semana desde el primero, con el fin de obtener datos de calidad para el desarrollo de modelos dinámicos de crecimiento. Aunque habría sido más conveniente distanciar el segundo inventario del primero al menos dos o tres años, la necesidad de completar el trabajo, al menos provisionalmente, en el período para el que se cuenta con financiación, ha obligado a remedir las parcelas con solo un año de diferencia, aunque no se descarta realizar más de un segundo inventario de las mismas siempre que se puedan conseguir nuevos recursos. Por otra parte, y a pesar de las precauciones tomadas, unas pocas de las parcelas inventariadas en primer lugar han sido cortadas antes del segundo.

Árboles Tipo para Tarifas de Cubicación, de Biomasa y de Contenido en Carbono

Este proceso conlleva un muestreo destructivo, siendo el método más frecuente en la estimación de biomasa. Se cortan al menos 2-3 árboles tipo por parcela, pero nunca del interior de la parcela instalada, sino en las inmediaciones de la misma, y evitando el apeo de árboles de borde. Las dimensiones de dichos árboles estarán repartidas entre los tamaños existentes, para lo cual se selecciona un árbol dominante, uno intermedio y otro sumergido. Para facilitar la selección de los árboles tipo, antes del trabajo de campo se toman en consideración los diámetros y alturas

medios y dominantes de la parcela, y se hace un gráfico de distribuciones de los datos tomados en el inventario pie a pie con el fin de tener una visión correcta de las distribuciones diamétricas y de alturas, y de su relación.

Antes del apeo de cada árbol se realiza y anota las mediciones propias del inventario dasométrico para comprobar la validez de la elección, además del diámetro en la base (diámetro del tocón), medido siempre a la misma altura desde el suelo aguas arriba de la pendiente (8 cm).

Una vez apeado el árbol se divide el fuste en las trozas que serán pesadas, siendo la longitud seleccionada 1 metro, hasta un diámetro en punta delgada de 7 cm. De esta forma queda dividido el árbol en trozas de igual longitud, en las que se mide el diámetro en cruz y el espesor de la corteza en la base. También se anotan las alturas correspondientes a la primera rama viva, la primera rama muerta, la primera rama viva, la base de la copa continua, la altura para un diámetro de 7 cm y la altura total. Posteriormente se extrae una rodaja de unos 3-4 cm de altura en la base de cada troza, además de una última rodaja en la parte superior de la troza cuyo diámetro en punta delgada es menor o igual a 7 cm, siendo el número de rodajas igual al de trozas + 1. Estas rodajas se llevan a laboratorio para secar.

Los datos que se toma en campo se dividen en dos partes; la correspondiente al fuste (trozas) y la correspondiente a las distintas fracciones de ramas encontradas a lo largo del fuste y en la copa. Para cada troza se anota su longitud (m) y su peso verde con y sin rodaja (kg con precisión 20 g). Para la fracción de ramas se anota el número de la troza en que están insertadas o bien si pertenecen a la copa, el número de ramas, su estado (muertas o vivas) y su peso verde (kg) por trozas, separando en campo dos fracciones; las ramas gruesas con diámetros entre 2,5 y 7 cm, y las ramas finas con diámetro menor o igual de 2,5 cm. No conviene fraccionar más la muestra en campo ya que se pueden producir pérdidas de material, con el consiguiente error de medición. Cada fracción es pesada por separado y se toma un 20% del peso verde de cada una para ser llevada al laboratorio a secar.

Los datos que se toma en el laboratorio son los siguientes: diámetro en cruz de cada rodaja en su parte basal (cm), espesor de la corteza (cm), peso verde (en gramos con precisión 0,01 g) de la madera y la corteza por separado. Para la fracción de ramas se hace un segundo procesamiento de la muestra, en el que se separa las ramas más finas en tres fracciones y se las pesa en verde por separado: ramas con diámetro entre 2,5 y 0,6 cm (ramas finas), menores o iguales de 0,6 cm (ramillos) y las hojas incluyendo su pecíolo. Finalizado todo el procesamiento de rodajas y fracciones de ramas se procede a su secado en estufa a 105°, hasta peso constante o con una variación inferior al 1^o/₁₀, midiendo entonces el peso seco de todas las muestras.

Tarifas de Cubicación de Rodal

Uno de los primeros trabajos que se desarrolló a partir de la red de parcelas de eucalipto fue el desarrollo de ecuaciones de cubicación de rodal, dada la falta de este tipo de herramientas en la región de estudio. Hasta la fecha, para Galicia se contaba con tarifas de cubicación de árbol individual, con y sin clasificación de productos, para *Eucalyptus globulus* (Diéguez-Aranda *et al.*, 2009), aunque los propios autores indican la necesidad de mejorar esos modelos ya que para su elaboración no se utilizó datos precedentes, entre otros, de rodales de la costa de la provincia de Lugo. Sin embargo, no existen tarifas de cubicación de rodal para la especie en Galicia, a pesar de que es una herramienta más sencilla de utilizar (aunque algo menos precisa) que las de árbol individual, ya que para su aplicación basta con conocer una o dos variables medias del rodal y no la distribución diamétrica o datos de árbol individual (como en el caso de las tarifas de árbol individual).

Las variables utilizadas son las mencionadas en el epígrafe de inventario: diámetro normal y altura total. Para la estimación del volumen total con corteza (m³) de cada parcela (V_{cc}) se utilizó el sistema compatible de cubicación de árboles individuales para la especie propuesto por Diéguez-Aranda *et al.* (2009). Dado que se trataba de ajustar una tarifa de rodal, se probaron y emplearon las siguientes variables de masa: N (número de árboles/ha), G (área basimétrica en m²/ha), H_0 (altura dominante en m) y t (edad en años). Para la elaboración de la tarifa de cubicación de rodal se evaluaron 10 modelos de dos y tres entradas basados en la expresión de Schumacher

& Hall (1933) o modelo alométrico, con y sin término independiente y otros cinco modelos de variable combinada. A su vez, se formaron grupos según el tipo de masa, desarrollando por tanto tres ecuaciones específicas, una para rodales de brinzal, otra para clonales y otra para chirpiales, así como una cuarta ecuación que no hace dicha distinción, denominada modelo global. A continuación se muestra los 15 modelos ensayados en este estudio:

$$V_1 = b_0 \cdot t^{b_1} \cdot H_0^{b_2} \cdot N^{b_3} \quad [1]$$

$$V_2 = t^{b_0} \cdot H_0^{b_1} \cdot N^{b_2} \quad [2]$$

$$V_3 = b_0 + b_1 \cdot H_0 \cdot G \quad [3]$$

$$V_4 = b_0 \cdot G \cdot H_0 \quad [4]$$

$$V_5 = b_0 + G^{b_1} \cdot H_0^{b_2} \quad [5]$$

$$V_6 = b_0 \cdot G^{b_1} \cdot H_0^{b_2} \quad [6]$$

$$V_7 = G^{b_0} \cdot H_0^{b_1} \quad [7]$$

$$V_8 = b_0 + G^{b_1} \cdot H_0^{b_2} \cdot t^{b_3} \quad [8]$$

$$V_9 = b_0 \cdot G^{b_1} \cdot H_0^{b_2} \cdot t^{b_3} \quad [9]$$

$$V_{10} = G^{b_0} \cdot H_0^{b_1} \cdot t^{b_2} \quad [10]$$

$$V_{11} = b_0 \cdot G \cdot H_0 + G \quad [11]$$

$$V_{12} = b_0 \cdot G^{b_1} \cdot H_0^{b_2} + G^{b_3} \quad [12]$$

$$V_{13} = b_0 \cdot G^{b_1} \cdot H_0^{b_2} + b_3 \cdot G^{b_4} \quad [13]$$

$$V_{14} = b_0 \cdot G^{b_1} \cdot H_0^{b_2} + H_0^{b_3} \quad [14]$$

$$V_{15} = b_0 \cdot G^{b_1} \cdot H_0^{b_2} + b_3 \cdot H_0^{b_4} \quad [15]$$

Para el ajuste estadístico de los modelos se empleó la función “nls” (*nonlinear least squares*) del software R (R Core Team, 2012). Para la comparación de modelos se empleó el coeficiente de determinación ajustado (R^2_{Adj}), el estadístico raíz del error medio cuadrático (*RMSE*), y el sesgo (*BIAS*), cuyas expresiones son:

$$R^2_{Adj} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^{i=n} (Y_i - \bar{Y})^2} \cdot \frac{n - q}{n - p} \quad [16]$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n - p}} \quad [17]$$

$$BIAS = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (Y_i - \hat{Y}_i)}{n} \quad [18]$$

Donde:

Y_i , \hat{Y}_i e \bar{Y} son los valores observados, predichos y promedio de la variable dependiente

n es el número total de observaciones

q es el número de términos independientes del modelo

p es el número de parámetros a estimar

[Un problema habitual en el proceso de ajuste de tarifas de cubicación es la presencia de heterocedasticidad, que se identifica gráficamente por la falta de homogeneidad en la varianza de los residuos obtenidos mediante el método de mínimos cuadrados ordinarios. Se ajustó un modelo de los residuos con la variable dependiente, antes y después de la regresión ponderada, con el fin de comprobar la necesidad de corrección de la heterocedasticidad, que se manifiesta cuando este ajuste es significativo. Esta situación se puede corregir transformando las variables (tomando logaritmos en ambos términos de la expresión), o mediante regresión ponderada (Parresol, 1999).

En este caso se optó por emplear regresión ponderada, para lo cual se asoció a cada observación un peso igual a la inversa de la varianza de su error, $1/\sigma^2$, durante el proceso de ajuste. Siguiendo a Neter *et al.* (1996), se empleó una función potencial del tipo:

$$\sigma_i^2 = X_i^k \quad [19]$$

donde se debe determinar el valor del exponente k . Para ello se utilizó la metodología propuesta por Park (1966), que consiste en emplear los errores del modelo ajustado sin pesos, $\hat{\epsilon}_i$, como variable dependiente en el modelo potencial de varianza del error, es decir:

$$\hat{\epsilon}_i^2 = \gamma \cdot X_i^k \quad [20]$$

o bien:

$$Ln\hat{\epsilon}_i^2 = Ln\gamma + k \cdot LnX_i \quad [21]$$

donde γ es una constante y la variable X toma diferentes valores en función del modelo de tarifa usado, por ejemplo: G^k , H_0^k , $G \cdot H_0^k$, N^k .

Tarifas de Biomasa

La biomasa acumulada en las masas forestales, en sus distintas formas, es importante debido a sus usos comerciales (pulpa y bioenergía), a que constituye un aporte de nutrientes a la propia masa durante su turno, y a que contribuye a evaluar el ciclo del carbono o el riesgo de incendio (Parresol, 1999). Estas razones motivan el desarrollo de unas ecuaciones de biomasa, que para este trabajo se realizó a partir de una muestra parcial de la red de parcelas, siendo los árboles utilizados procedentes de plantaciones de primer turno (brinza).

Dentro del contexto de las plantaciones de *Eucalyptus globulus* destinadas a celulosa, existen dos destinos fundamentales para las distintas partes del árbol; por un lado la madera es aprovechada para producir pasta de papel, y por otro la corteza, junto con las ramas y la copa, sirven para generar bioenergía. Atendiendo a la propia división del árbol hecha por la industria, y con el fin de poner a disposición de los interesados herramientas prácticas, se desarrolló cuatro ecuaciones según un modelo alométrico para la estimación de biomasa (kg): i) Biomasa total (W) para el árbol entero; ii) Biomasa de fracciones (Wfr), que incluye las ramas completas a lo largo del fuste y las que forman parte de la copa cuyo diámetro con corteza es menor de 7 cm; iii) Biomasa de madera (Wma), para la madera del fuste y las ramas cuyo diámetro con corteza es mayor o igual a 7 cm en el fuste; y iv) Biomasa de corteza (Wco), para la corteza del fuste y de las ramas gruesas. A continuación se muestra los modelos evaluados:

$$W = b_0 \cdot d^{b_1} \quad [22]$$

$$W = d^{b_0} \quad [23]$$

$$W = b_0 \cdot d^{b_1} \cdot h^{b_2} \quad [24]$$

$$W = d^{b_0} \cdot h^{b_1} \quad [25]$$

Un problema frecuente en el ajuste de los modelos de biomasa, al igual que en el caso de las tarifas de cubicación, es la presencia de heterocedasticidad. Para corregir este fenómeno se recurrió de nuevo a la regresión ponderada, utilizando en este caso factores de ponderación que contienen variables de árbol individual tales como $1/d^k$, $1/h^k$, $1/dh^k$ y $1/(d^2h)^k$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Red de Parcelas

En la Figura N° 1 se muestra la localización de la red de 164 parcelas instaladas, de las cuales 115 corresponden a plantaciones de brinzales (primera plantación no clonal), en las que se está centrando el trabajo, 13 a plantaciones de chirpiales (rebrote no clonal) y 36 a masas clonales, principalmente de los clones Anselmo y Odiel. El clon Anselmo representa a la generación de mejora F0, por tanto a árboles plus seleccionados directamente en monte y recepados para propagar por estaquilla, mientras que Odiel es un clon F1, procedente del cruce de individuos de la generación F0.

En el Cuadro N° 1 se muestra los principales datos del número de cepas y árboles encontrados en las parcelas, y de su superficie. Puede observarse una gran homogeneidad, probablemente dada por el protocolo de levantamiento de las mismas, y cabe resaltar que la densidad en los chirpiales es superior a la debida, habiendo mayor número de árboles que de cepas, no siendo aconsejable superar la densidad inicial de plantación (González-Río *et al.*, 1997).

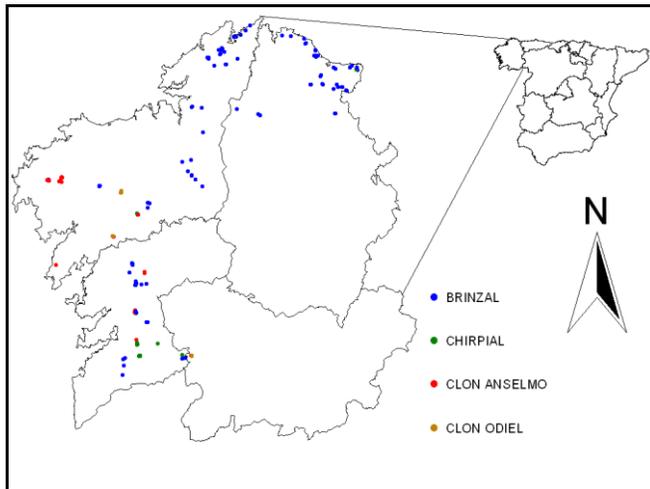


Figura N° 1
LOCALIZACIÓN DE LA RED DE PARCELAS

Cuadro N° 1
DATOS DESCRIPTIVOS DE LAS PARCELAS

| Brinzal | Cepas | Árboles | Superficie |
|-----------------|--------------|----------------|-------------------|
| Media | 66 | 67 | 0,051 |
| Máximo | 137 | 144 | 0,059 |
| Mínimo | 37 | 38 | 0,024 |
| Desv. típica | 16 | 17 | 0,007 |
| Chirpial | Cepas | Árboles | Superficie |
| Media | 55 | 65 | 0,052 |
| Máximo | 80 | 100 | 0,064 |
| Mínimo | 30 | 31 | 0,050 |
| Desv. típica | 16 | 18 | 0,004 |
| Clonal | Cepas | Árboles | Superficie |
| Media | 62 | 63 | 0,052 |
| Máximo | 79 | 84 | 0,058 |
| Mínimo | 38 | 39 | 0,048 |
| Desv. típica | 12 | 12 | 0,002 |

En el Cuadro N° 2 se muestra los estadísticos descriptivos de las principales variables de rodal medidas en las parcelas. Puede observarse, asumiendo que la red de parcelas es representativa del entorno, que se corrobora que la selvicultura clonal está aún en una fase temprana, siendo su edad media de 7 años, y en general todavía sin rebrote. Evaluando los crecimientos diametrales y en altura medios para cada grupo, se observa una mayor tasa en las masas clonales, como sería esperable, al haberse considerado el crecimiento como un carácter importante de selección (Toval, 2008).

Cuadro N° 2
VARIABLES DE RODAL DE LAS PARCELAS SEGÚN MATERIALES DE REPRODUCCIÓN

| Brinzal | t | d | D₀ | h | H₀ | N₀ | N₁ | G₁ |
|-----------------|----------|----------|----------------------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Media | 11,6 | 11,2 | 22,1 | 13,2 | 20,3 | 1328 | 1228 | 18,79 |
| Máximo | 40,0 | 22,1 | 54,4 | 26,9 | 39,5 | 2573 | 2387 | 61,70 |
| Mínimo | 1,0 | 1,2 | 2,3 | 2,0 | 3,1 | 720 | 661 | 0,15 |
| Desv. típica | 5,4 | 3,9 | 8,2 | 4,9 | 7,6 | 397 | 405 | 10,33 |
| Chirpial | t | d | D₀ | h | H₀ | N₀ | N₁ | G₁ |
| Media | 12,1 | 11,6 | 22,0 | 14,1 | 21,2 | 1059 | 1181 | 16,13 |
| Máximo | 21,0 | 19,1 | 27,6 | 20,5 | 29,2 | 1538 | 2000 | 21,78 |
| Mínimo | 6,0 | 7,8 | 13,0 | 8,2 | 12,0 | 595 | 595 | 7,80 |
| Desv. típica | 4,0 | 3,0 | 4,3 | 3,8 | 5,3 | 293 | 389 | 4,34 |
| Clonal | t | d | D₀ | h | H₀ | N₀ | N₁ | G₁ |
| Media | 6,5 | 9,9 | 15,7 | 10,9 | 14,7 | 1190 | 1114 | 11,37 |
| Máximo | 11,0 | 16,0 | 25,0 | 16,8 | 23,9 | 1560 | 1540 | 19,76 |
| Mínimo | 4,0 | 4,6 | 8,2 | 5,0 | 7,6 | 760 | 780 | 3,45 |
| Desv. típica | 1,7 | 2,8 | 3,8 | 3,3 | 3,9 | 212 | 211 | 4,69 |

- t: Edad (años)
d: Diámetro medio del rodal (cm)
D₀: Diámetro dominante (cm) (correspondiente a los 100 árboles más gruesos por ha)
h: Altura media del rodal (m)
H₀: Altura dominante (m) (correspondiente a los 100 árboles más gruesos por ha)
N₀: Densidad de plantación (árboles/ha)
N₁: Densidad en el primer inventario (árboles/ha)
G₁: Área basimétrica del rodal en el primer inventario (m²/ha).

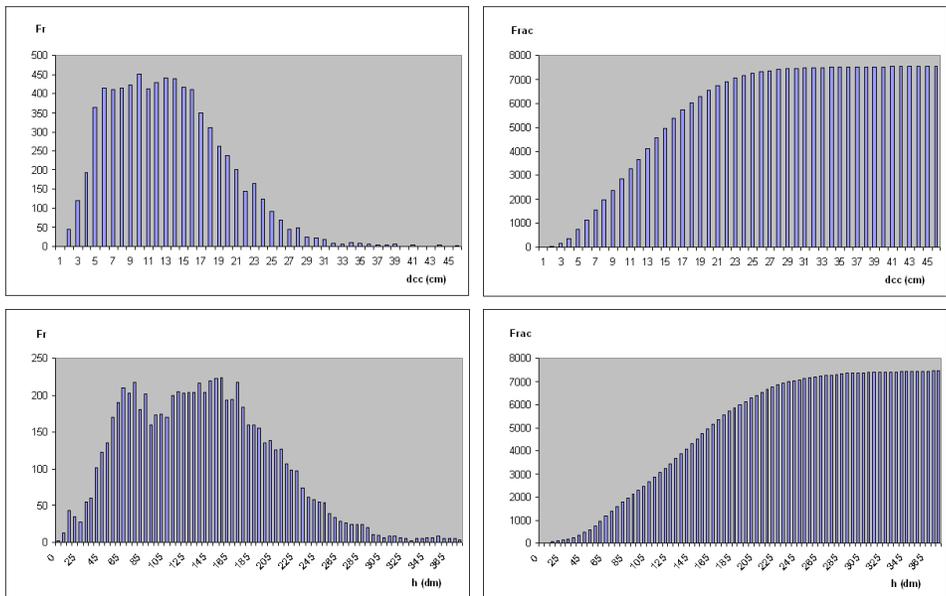
En la Figura N° 2 se muestra las distribuciones diamétricas y de alturas para toda la muestra. Debido a que se trata de una especie de turno corto que no suele superar los 20 años, las distribuciones están desplazadas hacia la izquierda.

Además, se observa una tendencia a dos máximos en las curvas (mejor en la de alturas), lo que puede ser indicativo de una distribución bimodal causada por la representación conjunta de las masas de brinzal y chirpial (muy parecidas entre sí) con las masas clonales (más jóvenes).

Por otra parte, en las plantaciones que se encuentran por encima de los 25 años es posible encontrar un segundo piso procedente del regenerado, por lo que se debe tener precaución en la toma de datos, identificando si un árbol pertenece o no a esta clase. Además, este piso está sometido a la competencia que ejerce sobre él la masa adulta, por lo que su crecimiento no será óptimo.

La posibilidad de contar con datos de parcelas con edades superiores al turno puede servir para determinar los niveles asintóticos en cuanto al crecimiento, aunque es raro encontrar este tipo de rodales y su selvicultura puede no ser representativa de una situación actual.

Otra importante cuestión a reseñar es la dificultad para encontrar rodales de elevada edad y buena calidad de estación, problema común en la mayoría de estudios de crecimiento y producción de especies forestales (Diéguez-Aranda *et al.*, 2009).



dcc: Diámetro normal con corteza (cm) h: Altura total (m)
 Fr: Frecuencia absoluta Frac: Frecuencia acumulada.

Figura N° 2
DISTRIBUCIONES DE DIÁMETROS Y ALTURAS PARA LA MUESTRA COMPLETA

Árboles Tipo

En el Cuadro N° 3 se muestra un resumen de las principales variables de los 47 árboles tipo muestreados hasta el momento (octubre de 2012) para la elaboración de tarifas de cubicación, de biomasa y de contenido en carbono.

Cuadro N° 3
RESUMEN DE LAS PRINCIPALES VARIABLES DE LOS ÁRBOLES TIPO MUESTREADOS
(hasta octubre de 2012)

| | <i>d</i> | <i>h</i> | <i>Wco</i> | <i>Wma</i> | <i>Wrg</i> | <i>Wrf</i> | <i>Wr</i> | <i>Wh</i> |
|--------------|----------|----------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| Media | 14,7 | 16,1 | 10,27 | 71,41 | 4,54 | 3,22 | 1,60 | 5,86 |
| Máximo | 31,0 | 26,2 | 44,80 | 366,90 | 21,70 | 12,60 | 9,00 | 37,80 |
| Mínimo | 2,4 | 4,0 | 0,30 | 1,12 | 0,00 | 0,13 | 0,07 | 0,18 |
| Desv. típica | 5,6 | 5,5 | 9,90 | 74,24 | 5,58 | 2,74 | 1,89 | 7,39 |

d: Diámetro normal (cm)
h: Altura total (m)
Wco: Biomasa de corteza (kg)
Wma: Biomasa de madera (kg)
Wrg: Biomasa de ramas gruesas (kg)
Wrf: Biomasa de ramas finas (kg)
Wr: Biomasa de ramillos (kg)
Wh: Biomasa de hojas (kg).

Tarifas de Cubicación

En el Cuadro N° 4 se muestran los estadísticos del ajuste para cada uno de los tipos de plantaciones y para todos en conjunto (global). Las variables mejor relacionadas con el volumen

fueron siempre el área basimétrica y la altura dominante, aunque en función del tipo de masa (brinzal, chirpial, clon) la relación es distinta. Mientras las masas de chirpial se pudieron modelizar utilizando un solo factor que actúa como un coeficiente mórfico referido a una sección fija (modelo [4]), las masas de brinzal y de clones presentaron una relación de tipo alométrico.

Cuadro N° 4
PARÁMETROS OBTENIDOS DEL AJUSTE NO LINEAL Y ESTADÍSTICOS
PARA LOS MODELOS ANALIZADOS

| Modelo Seleccionado | b_0 | b_1 | b_2 | b_3 | R^2_{Aj} | RMSE | BIAS |
|---------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|------------|-------|---------|
| Global [12] | 0,11641 (***) | 0,68941 (***) | 1,51368 (***) | 1,4077 (***) | 0,9942 | 13,71 | -0,2782 |
| Brinzal [12] | 0,13313 (**) | 0,72329 (***) | 1,4479 (***) | 1,3924 (***) | 0,9937 | 15,72 | -0,3298 |
| Clonal [9] | 0,53814 (***) | 1,1065 (***) | 0,71645 (***) | 0,11172 (0,0136) | 0,9785 | 6,29 | 0,0128 |
| Chirpial [4] | 0,3845 (***) | - | - | - | 0,9839 | 7,13 | -0,0344 |

En cada casilla el valor superior corresponde al valor del parámetro ajustado y entre paréntesis el nivel de significación del parámetro.

Los números entre corchetes corresponden al modelo (ecuación) elegido para cada tipo de masa.

El modelo [12] de variable combinada, que fue el mejor para las tarifas global y de brinzal, puede carecer de sentido dimensional al introducir un término en unidades diferentes a las de la variable dependiente, si bien poseen sentido biológico al no producir salidas cuando $G=0$ y $H_0=0$.

El segundo mejor modelo para esas tarifas global y de brinzal fue el [9] (que, por otra parte, fue el elegido para la tarifa de rodales clonales), en el que se introduce la edad, aunque hay que tener en cuenta que en estos casos la significación fue baja ($p<0,1$) y la regresión ponderada no mejoró el ajuste.

Tarifas de Biomasa

En el Cuadro N° 5 se muestra los estadísticos del ajuste para cada una de las partes del árbol consideradas, siendo en todos los casos el mejor modelo el que relaciona la biomasa con el diámetro y la altura [24].

Los mejores ajustes correspondieron a las ecuaciones de biomasa total (Wt) y de biomasa de madera (Wma), mientras resulta más difícil de modelizar la corteza (Wco) y el conjunto de las fracciones menores de 7 cm (Wfr).

Respecto a la corteza, puede que su ajuste se vea influido por la dispersión de los datos generada por el diámetro del tocón cuando se comparan árboles sumergidos con árboles dominantes, como se puede ver en la Figura N° 3.

En el caso de las fracciones, está probado que la inclusión de otras magnitudes como el diámetro en la base de la copa mejoran los resultados del ajuste de su biomasa, algo que también ha sido demostrado para especies del género *Eucalyptus* (António *et al.*, 2007; Pérez-Cruzado *et al.*, 2011).

La biomasa total y de fracciones hace que se compensen los errores propiciados por la heterogeneidad de la copa y por el error acumulado que supone la separación en cuatro fracciones.

Cuadro N° 5
PARÁMETROS OBTENIDOS DEL AJUSTE NO LINEAL
Y ESTADÍSTICOS PARA LOS MODELOS ANALIZADOS

| Modelo Seleccionado | b_0 | b_1 | b_2 | R^2_{Aj} | RMSE | BIAS |
|---------------------|---------------------|------------------|----------------------|------------|-------|--------|
| Wt [24] | 0,01990 (***) | 1,99956 (***) | 1,00657 (***) | 0,9787 | 14,25 | 0,0264 |
| Wfr [24] | 0,01872 (0,0881) | 2,76699 (***) | -0,35384 (0,3538) | 0,8304 | 6,56 | 0,0062 |
| Wco [24] | 0,007422 (**) | 1,89977 (***) | 0,67890 (**) | 0,8958 | 3,16 | 0,1096 |
| Wma [24] | 0,008589 (***) | 1,84124 (***) | 1,34118 (***) | 0,9905 | 7,16 | 0,0067 |

Wt: Biomasa total (kg)

Wfr: Biomasa de las fracciones menores de 7 cm (kg)

Wco: Biomasa de corteza (kg)

Wma: Biomasa de madera (kg).

En cada casilla el valor superior corresponde al valor del parámetro ajustado y entre paréntesis el nivel de significación del parámetro.

Los números entre corchetes corresponden al modelo (ecuación) elegido para cada fracción del árbol.

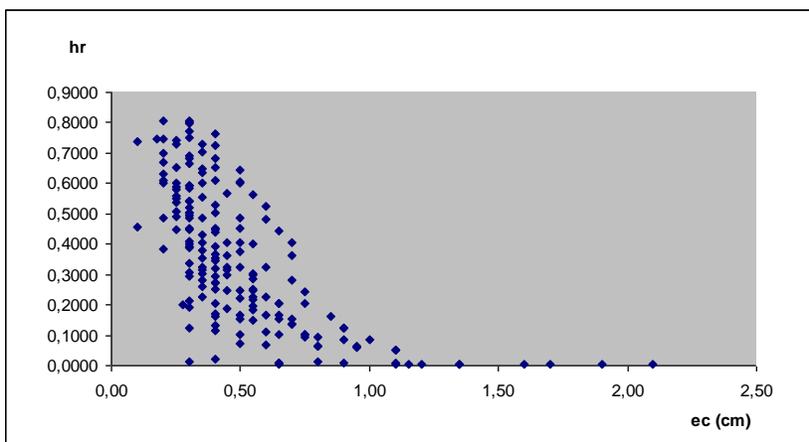


Figura n° 3
ALTURA RELATIVA (hr) FRENTE A ESPESOR DE CORTEZA (ec)

Las ecuaciones desarrolladas mejoran las existentes (Brañas *et al.*, 2000a) para la biomasa de madera en el fuste, y para las fracciones menores de 7 cm. Probablemente esto sea motivado por el pesaje completo del tronco y la recolección de rodajas a lo largo del fuste, lo que implica menores errores en el cálculo de la humedad de la troza, y por el procesado de la muestra realizado en campo para estimar las fracciones de ramas y copa por tamaños.

El pesaje y medición de cada troza, junto con la recolección de rodajas en altura, permite el desarrollo de dos metodologías distintas en el ajuste de modelos. Por un lado se puede ajustar ecuaciones que relacionen el diámetro y/o la altura con la variable modelizada, como el caso desarrollado, o bien se puede ajustar un modelo de densidad básica en altura unido a una función de perfil. Otra característica deseable en las estimaciones de biomasa sería la aditividad del sistema de ecuaciones que modelizan cada fracción, ocurriendo de igual manera para las partes del fuste (madera y corteza), y por consiguiente para la biomasa total.

CONCLUSIONES

Como ocurre en la mayoría de trabajos que abordan el estudio del crecimiento y la producción de especies forestales, resulta conveniente instalar inicialmente el mayor número posible de parcelas, ya que es frecuente la pérdida de algunas de ellas antes de poder remedirlas en una segunda ocasión, tanto por aprovechamientos como por problemas sanitarios o nutricionales que motiven cambios del vuelo. En el caso de *Eucalyptus globulus*, que es una especie de turno corto, este problema se acentúa. Además, y como también ocurre frecuentemente en estos estudios, resulta muy complicado encontrar masas adultas y de buena calidad.

El distinto origen de las plantaciones de *Eucalyptus globulus* (brinzales o primera plantación, chirpiales o rebrote y clones) complica su estudio, siendo necesario contar con un número suficiente de parcelas de cada tipo, que a su vez deben representar adecuadamente las posibles combinaciones de edad, calidad de estación y densidad existentes en la región. En este caso, el estudio se ha centrado en las plantaciones de brinzales, puesto que el análisis comparativo de las procedentes de rebrote (chirpiales) requiere del conocimiento preciso de las condiciones productivas del turno anterior, información habitualmente no disponible. El seguimiento de la red de las parcelas de brinzales instaladas, si se consigue una continuidad en el tiempo por encima del primer turno, permitiría contar con datos de calidad para realizar dicho análisis.

Por otra parte, en el caso de las plantaciones clonales, que en general tienen edades por debajo de la mitad del turno de la especie, será también necesario alargar el período de estudio para poder obtener datos suficientes que permitan desarrollar modelos de crecimiento específicos.

Todas las ecuaciones presentadas en este trabajo deben ser consideradas provisionales, a la espera de completar el segundo inventario de las parcelas y de aumentar el número de árboles tipo, que permitirán mejorar y actualizar las ecuaciones disponibles y ajustar otras herramientas como curvas de calidad de estación, tablas de producción, diagramas de manejo de la densidad o modelos dinámicos de rodal, etc. El objetivo final es implementar dichas herramientas en programas informáticos de sencillo manejo (como GesMO[®] y otros, ver Diéguez-Aranda *et al.*, 2009), que facilitarán la estimación de crecimientos y producciones de estas plantaciones. En cualquier caso, la utilización de las ecuaciones que se presenta no debe realizarse nunca fuera del rango de las variables utilizadas para su elaboración.

RECONOCIMIENTOS

Este trabajo se enmarca dentro del proyecto AGL2010-22308-C02-01: "Modelización del crecimiento y la producción en plantaciones de brinzales de *Eucalyptus globulus* Labill. del NO de España", del Ministerio de Ciencia e Innovación, financiado por la Unión Europea mediante fondos FEDER. Se agradece a las empresas ENCE, Maderas Villapol y ASEFOR, a la "Asociación de productores de madera de Cerdido" (PROMACER) y a la "Federación de Asociaciones de Productores de Madera de Galicia" (PROMAGAL), su inestimable colaboración por aportar lugares para la instalación de las parcelas de inventario.

REFERENCIAS

- António, N.; Tomé, M.; Tomé, J.; Soares, P. and Fontes, L., 2007.** Effect of tree, stand, and site variables on the allometry of *Eucalyptus globulus* tree biomass. *Canadian Journal of Forest Research* 5, 895-906.
- Brañas, J.; González-Río, F.; Rodríguez Soalleiro, R. y Merino, A., 2000a.** Biomasa maderable y no maderable en plantaciones de eucalipto. Cuantificación y estimación. *Revista CIS-Madera* 4, 72-75.
- Brañas, J.; González-Río, F. y Merino, A., 2000b.** Contenido y distribución de nutrientes en plantaciones de *Eucalyptus globulus* en el noroeste de la península ibérica. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 9, 317-335
- Balboa-Murias, M. A., 2005.** Biomasa aérea y estabilidad nutricional de los sistemas forestales de *Pinus pinaster* Ait., *Eucalyptus globulus* Labill. y *Quercus robur* L. en Galicia. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de

Compostela.

Chippendale, G. M., 1988. *Eucalyptus, Angophora (Myrtaceae)*. Flora of Australia 19. Australian Government Publishing Service, Canberra. 543 p.

De la Lama, G., 1976. Atlas del Eucalipto. Tomo I: Información y ecología. INIA, ICONA. Sevilla. 68 p.

Diéguez-Aranda, U.; Rojo Albornoz, A.; Castedo-Dorado, F.; Álvarez González, J. G.; Barrio-Anta, M.; Crecente-Campo, F.; González González, J. M.; Pérez-Cruzado, C.; Rodríguez Soalleiro, R.; López-Sánchez, C. A.; Balboa-Murias, M. A.; Gorgoso Varela, J. J. y Sánchez Rodríguez, F., 2009. Herramientas selvícolas para la gestión forestal sostenible en Galicia. Consellería do Medio Rural, Xunta de Galicia. Santiago de Compostela. 268 p. + CD-Rom; Disponible en <http://www.usc.es/uxfs>.

García, O. and Ruiz, F., 2003. A growth model for Eucalypt in Galicia, Spain. *Forest Ecology and Management* 173, 49-62.

González-Río, F.; Castellanos, A.; Fernández, O.; Astorga, R. y Gómez, C., 1997. Manual de selvicultura del eucalipto. Proxecto Columella. Escola Politécnica Superior (USC), Celulosas de Asturias S.A. 95 p.

Iglesias-Trabado, G.; Carballeira-Tenreiro, R. and Folgueira-Lozano, J., 2009. *Eucalyptus universalis*; Global cultivated *Eucalyptus* forests Map. Version 1.2. In: GIT Forestry Consulting's EUCALYPTOLOGICS: Information resources on *Eucalyptus* cultivation worldwide. Retrieved from <http://www.git-forestry.com> (October 19th 2009).

Madrigal, A.; Álvarez, J. G.; Rodríguez, R. y Rojo, A., 1999. Tablas de producción para los montes españoles. Fundación Conde del Valle de Salazar. 241 p.

MMAMRM, 2011. Cuarto Inventario Forestal Nacional. Comunidad Autónoma de Galicia. Dirección General de Medio Natural y Política Forestal. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.

Neter, J.; Kutner, M. H.; Nachtsheim, C. J. and Wasserman, W., 1996. Applied linear statistical models. 4^o ed McGraw-Hill, New York.

Parresol, B. R., 1999. Assessing tree and stand biomass: A review with examples and critical comparisons. *For. Sci.* 45, 573-593.

Pérez-Cruzado, C.; Merino, A. and Rodríguez-Soalleiro, R., 2011. A management tool for estimating bioenergy production and carbon sequestration in *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus nitens* grown as short rotation woody crops in north-west Spain. *Biomass and Bioenergy* 35, 2839-2851.

Ruiz, F.; López, G.; Toval, G. y Alejano, R., 2008. Selvicultura de *Eucalyptus globulus* Labill. In: Serrada, R., Montero, G., Reque, J.A. (Eds). Compendio de selvicultura aplicada en España, 117-154.

Sanchez, F.; Ucha, P. and Rojo, A., 2004. Stem taper function and volumen equations with product classification for *Eucalyptus globulus* Labill. In Galicia (NW) Spain. International IUFRO 4.04.06 Meeting. The Economics and Management of High Productivity Plantations. Lugo, 27-30 Septiembre 2004.

Schumacher, F. X. and Hall, F.S., 1933. Logarithmic expression of timber-tree volume. *Journal of Agricultural Research* 47, 719-73.

Toval Hernández, G., 2008. La mejora forestal a la luz de la mejora de *Eucalyptus globulus*. Cuadernos de la SECF 24, 113-122.

Xunta de Galicia, 2002. Anuario de estadística agraria 2000, Santiago de Compostela.

ANTECEDENTES DEL CRECIMIENTO DE *Acacia mearnsii* De Wild SEGÚN DISTINTAS DENSIDADES INICIALES PARA DOS SITIOS EN LA REGIÓN DEL BIO BIO

Pinilla, Juan Carlos¹¹ y Navarrete, Mauricio¹²

RESUMEN

Las plantaciones forestales en Chile alcanzan ya a una superficie total de más de 2 millones de hectáreas y son la base de una desarrollada y creciente industria forestal, sin embargo están concentradas fuertemente en las regiones de Maule, Bio Bio y La Araucanía, y están muy mayoritariamente compuestas por tres especies; *Pinus radiata*, *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens*, que en conjunto representan el 93 % de la superficie total plantada.

Dentro de las regiones mencionadas y en otras regiones del país existen aún importantes superficies de suelos forestales desarbolados y degradados, que requieren de una cubierta forestal que los recupere y los incorpore a la producción, hacia los cuales se puede ampliar considerablemente la superficie de plantaciones forestales del país con los beneficios económicos, sociales y ambientales que esto involucraría.

El Instituto Forestal (INFOR) desarrolla diferentes experiencias con especies exóticas de rápido crecimiento, apropiadas para la forestación en el país y para diversificar las especies empleadas en las plantaciones forestales y los productos a obtener de estas, con especial énfasis en zonas que hoy resultan marginales para estas últimas debido a limitantes de sitio como frío, restricciones hídricas u otras.

Diversas líneas de trabajo de INFOR con los fines mencionados han incluido especies del género *Acacia*, como *Acacia dealbata*, *A. melanoxylon*, *A. mearnsii* y *A. saligna*, especies originarias de Australia que son de rápido crecimiento, se adaptan a variadas condiciones de sitio en el país y en términos productivos son consideradas multipropósito.

En el presente trabajo se entrega resultados de dos ensayos de espaciamiento de plantación con *Acacia mearnsii*, especie que INFOR introdujo al país en los años 80 del siglo pasado, establecidos en el año 2004 en dos diferentes sitios de la región del Bio Bio.

Los resultados a 8 años de edad confirman a la especie como una alternativa interesante para la forestación con distintos fines y en cortas rotaciones, y ponen en evidencia la relevancia que tiene el espaciamiento de plantación en función de diferentes productos objeto, como madera sólida, pulpa, energía y otros.

Palabras clave: Espaciamiento de plantación, *Acacia mearnsii*, Silvicultura.

¹¹ Instituto Forestal, Chile. jpinilla@infor.cl

¹² Instituto Forestal, Chile. mnavarre@infor.cl

SUMMARY

Planted forests in Chile already cover a total area over than 2 million hectares and are the basis to a developed and increasing forest industry. However, forest plantations are strongly concentrated in the Maule, Bio Bio and La Araucanía regions and are mainly composed by only three species; *Pinus radiata*, *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus nitens*, which as a group represents 93 % of the total planted area.

The mentioned regions and other regions in the country still present deforested and degraded forest soil important areas where planted forests can be considerably expanded with the involved economic, social and environmental benefits.

The Chilean Forestry Institute (INFOR) is developing different research lines with exotic fast growing species, appropriated to afforestation plans and to diversify species and production, with emphasis on zones in the country currently not used because of site limitations, like frost, drought or others.

Several INFOR research lines following the mentioned objectives have included *Acacia* genus species, as *Acacia dealbata*, *A. melanoxylon*, *A. mearnsii* and *A. saligna*, which are Australian fast growing species and have already shown a good adaptation to different zone in Chile and can offer a variety of products.

The present paper reviews results from plantation density trials with *Acacia mearnsii*, introduced to the country by INFOR by the 80s of the last century, established in 2004 in two different sites of the Bio Bio region.

Results at 8 year old confirm the species as an interesting alternative for short rotation afforestation plans and highlight the importance of plantation density in function of different production objectives, as solid wood, pulp, energy and others.

Key words: Plantation density, *Acacia mearnsii*, Silviculture

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas el sector forestal chileno ha experimentado una fuerte expansión de las plantaciones de especies exóticas de rápido crecimiento, especialmente *Pinus radiata* D. Don. y *Eucalyptus globulus* Labill. y más recientemente *Eucalyptus nitens* (Deane and Maiden) Maiden.

Sin embargo, pese a que las plantaciones forestales en el país sobrepasan ya largamente los 2 millones de hectáreas, aún existen importantes superficies de suelos forestales degradados o sin uso, en los que el cultivo de pino o de eucalipto no ha tenido buenos resultados, y se hace necesaria la diversificación de las especies forestales para repoblar estos terrenos, incorporarlos a la producción y diversificar esta, atenuar potenciales problemas fitosanitarios y promover un mayor desarrollo rural.

Las investigaciones del Instituto Forestal (INFOR) en esta área apuntan a generar, evaluar y difundir información sobre el estado y desarrollo de plantaciones forestales, en aspectos relacionados a su productividad, desarrollo, manejo, potencial económico de cultivo, sanidad e identificación de nuevas opciones productivas, aspectos considerados estratégicos para incrementar la competitividad sectorial.

Diferentes especies de acacias se están ya usando incipientemente en la forestación en el país, pero para incrementar su uso se requiere conocer los parámetros básicos de crecimiento, productividad y aprovechamiento industrial, lo cual propiciaría la creación de nuevos recursos forestales con ellas más allá de la áreas habituales de plantaciones en el país y la consolidación de mercados para sus productos.

Algunas de las investigaciones de INFOR en la materia indican que especies del género *Acacia* que crecen en Chile; como *Acacia dealbata* Link, *Acacia melanoxylon* R. Br. y *Acacia mearnsii* De Wild., en la zona centro sur, y *Acacia saligna*, en la zona centro norte, han respondido bien a las condiciones edafoclimáticas locales, desarrollándose con rapidez y ofreciendo una variedad de usos, lo que las convierte en un recurso económicamente interesante de aprovechar.

Estas características de rápido crecimiento y adaptación a diversos sitios han constituido a estas especies en buenas alternativas también para pequeños y medianos propietarios, quienes podrían obtener ingresos a partir de rodales establecidos en sus predios.

INFOR ha instalado, medido y analizado diversos ensayos para el estudio del crecimiento y rendimiento de acacias con el objetivo de determinar respuestas a diferentes espaciamientos iniciales y esquemas de manejo factibles de utilizar en una mayor escala. Entre estos ensayos destacan parcelas permanentes, ensayos de procedencias, unidades demostrativas y ensayos de espaciamiento.

En el presente trabajo se revisa los resultados de ensayos de espaciamiento de *Acacia mearnsii*, consistentes en diversas densidades de plantación, dispuestos bajo un diseño experimental determinado y conducentes a la determinación de diferencias significativas, bajo los tradicionales análisis de varianza.

En este tipo de ensayos comúnmente las variables corresponden a volúmenes, diámetros o alturas, o una combinación de estas, que son las variables de interés para el manejo de las plantaciones, y se resume en las varianzas la respuesta integral del tratamiento.

Se presenta los resultados de las evaluaciones de 2 ensayos de espaciamiento con *Acacia mearnsii* instalados en la Región del Bio Bio durante el año 2004, información que se espera ayude a la definición de un conjunto de regímenes de manejo, específicos por producto o combinación de productos a obtener y eficientes desde el punto de vista económico.

ANTECEDENTES GENERALES DE *Acacia mearnsii*

Acacia mearnsii De Wild. es originaria del sudeste de Australia, se encuentra principalmente en tierras bajas y costeras y en laderas bajas de las mesetas y cordilleras. Se distribuye desde el nivel del mar, hasta aproximadamente 900 msnm. Su nombre común, *Black Wattle* o acacia negra se refiere al follaje y a la corteza, ambos de color oscuro (Pinilla, 2000).

Acacia mearnsii es un arbusto grande o un árbol pequeño (Figura N° 1), comúnmente de 6 a 10 m de altura, pero puede alcanzar hasta 20 m (Kannegiesser, 1990). Searle (2000) señala que a los 34 meses esta especie puede alcanzar alturas cercanas a los 6 m y que bajo condiciones favorables de crecimiento puede a los 40 años llegar a medir 20 m de altura con más de 50 cm de DAP. Señala además que esta especie mejora su tamaño y forma en suelos con mayor contenido de humedad.

Los ejemplares que crecen solitarios presentan copas amplias y extendidas, son ramificados desde la base y con el tronco principal torcido. Pero al crecer en plantaciones, el fuste es generalmente recto y delgado hasta tres cuartas partes de la altura total.

La corteza de los árboles viejos es de color café negruzco, dura y fisurada; en individuos más jóvenes y en las partes altas de aquellos de más edad es de color café grisáceo, más delgada y suave.

El follaje adulto es de color verde oscuro con brotes nuevos suavemente amarillos. Su madera es finamente texturada y presenta anillos de crecimiento poco visibles. La albura es de color café muy pálido y el duramen café claro con moteado rojizo. La durabilidad natural es considerada ligera o moderada.

En Australia crece en las zonas climáticas húmedas y subhúmedas, cálidas y frías, con precipitaciones medias anuales de 625 a 900 mm que caen entre 105 a 175 días al año. Raramente se presenta en zonas donde las temperaturas exceden los 38 °C y no crece con temperaturas sobre 40 °C, reportándose áreas en donde ha soportado hasta 40 días con heladas al año (Kannegiesser, 1990).

En cuanto a los suelos, se señala que esta acacia se ha encontrado en basaltos, granitos y areniscas, siendo común en suelos derivados de esquistos y pizarras metamórficas, aluviales y podzoles forestales profundos de moderada a baja fertilidad. En su lugar de origen, los mejores crecimientos se han reportado en suelos húmedos, relativamente profundos, de texturas livianas, bien drenados y generalmente ácidos, con un pH entre 5 y 6,5. *A. mearnsii* constituye el sotobosque de bosques altos y abiertos, dominados principalmente por *Eucalyptus ovata*, *E. saligna*, *E. globulus*, *E. viminalis* y *E. radiata*. En zonas donde coloniza tierras explotadas, suele formar rodales densos (Kannegiesser, 1990; Pinilla, 2000).

En un principio, la madera de esta especie se utilizó como material para construcciones livianas y energía; posteriormente, la corteza se utilizó como curtiente. La especie es una de las fuentes de corteza para la industria de taninos vegetales a nivel mundial, los que son utilizados en la manufactura de cuero duro para zapatos, monturas y otros productos. Las industrias de tanino basadas en esta especie se han desarrollado principalmente en Brasil, Kenya, India, Sudáfrica, Tanzania y Zimbabwe. La corteza presenta entre 36 y 41% de taninos de muy buena calidad, rendimiento que está en función de factores ambientales (Kannegiesser, 1990).

La literatura reporta otros usos para la corteza y el extracto obtenido, tales como preservantes, adhesivos para molduras de plástico y adhesivos en la industria de la madera prensada para exteriores, tableros de partículas y madera laminada (Campos *et al.*, 1990; Coopens *et al.*, 1980, citados por Kannegiesser, 1990).

Por sus características de rápido crecimiento, adaptabilidad a diversas condiciones de sitio y capacidad colonizadora de áreas erosionadas, esta especie ha sido efectiva para el control de zonas degradadas y para mejorar la fertilidad de suelos, siendo un eficiente fijador de nitrógeno.

La literatura menciona que en Indonesia se han obtenido 21 a 28 t/año de hojas verdes, conteniendo 240 a 285 kg de nitrógeno, y que cultivos agrícolas asociados a esta especie rinden el doble gracias a su acción fijadora de nitrógeno (NAS, 1980; Kannegiesser, 1990; Pinilla, 2000).



Figura N° 1
ÁRBOL ADULTO DE *Acacia mearnsii*

En Chile, *Acacia mearnsii* está recomendada para las regiones de Valparaíso a los Lagos. Su principal producto son los taninos extraíbles de su corteza y la madera de buena calidad para postes. Presenta una moderada resistencia a las heladas y resulta adecuada para la recuperación de sistemas degradados, aplicando técnicas de control de erosión y de restauración de la cubierta vegetal.

Es posible utilizar esta especie en plantaciones combinadas con especies del género

Eucalyptus para la producción de fibra corta, tal como se realiza en Australia y Sudáfrica. En Australia, *Acacia mearnsii* constituye el dosel inferior en bosques naturales de eucaliptos y conforma un porcentaje de la producción de pulpa total debido a su compatibilidad y aptitudes celulósicas (Pinilla, 2000).

Algunos resultados de estudios de pulpaje realizados en Australia con especies latifoliadas de rápido crecimiento han demostrado que *Acacia mearnsii* presenta características pulpables muy promisorias, lo que se traduce en un alto rendimiento de pulpa kraft, bajos requerimientos de productos químicos y buenas propiedades de resistencia del papel.

En sus áreas de ocurrencia natural, estas acacias juegan un rol importante en la conservación de suelos, como fuente de fijación de nitrógeno en los ecosistemas forestales y como especies forrajeras. Presentan características radiculares que las hacen apropiadas para el control de dunas costeras, para la recuperación de laderas erosionadas y suelos devastados.

Además, la corteza de *A. mearnsii* tiene un alto contenido de taninos, que puede superar el 45% de la biomasa de la corteza. De acuerdo a NAS (1980) su madera es también apropiada para fines energéticos. Así, su diversidad de posibles usos la transforma en una especie multipropósito.

MATERIAL Y MÉTODO

Los resultados revisados en el presente trabajo provienen de dos ensayos establecidos por INFOR el año 2004 en la Región del Bio Bio:

Santa Teresa, en Rafael, Comuna de Tomé
San Antonio de Cuda, Comuna de Florida.

Ensayo Santa Teresa, Rafael

Este ensayo se encuentra ubicado en la Comuna de Tomé, sector Rafael, predio Santa Teresa, y está ubicado en una ladera con exposición Sur-Oeste, aledaño a la Ruta del Itata entre Concepción y Rafael, al lado del Puente Roa.

El ensayo consta de 14 parcelas en 3 bloques con distinto espaciamiento inicial, que va de 1.111 a 2.500 plantas por hectárea, utilizando 49 plantas por parcela. Los tratamientos son los que se indican en el Cuadro N° 1.

Cuadro N° 1
ESPACIAMIENTO PROBADOS ENSAYOS SANTA TERESA, RAFAEL

| Tratamiento | Espaciamiento (m) | Densidad (arb/ha) | Repeticiones (N°) |
|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 3 x 1,5 | 2.222 | 3 |
| 2 | 3 x 2 | 1.667 | 3 |
| 3 | 3 x 3 | 1.111 | 3 |
| 4 | 2 x 2 | 2.500 | 3 |
| 5 | 2 x 4 | 1.250 | 2 |

La parcela de control está dada por las 25 plantas centrales a las cuales se les midió diámetro y altura.

En las Figuras N° 2 y N° 3 se muestra una visión general del ensayo y su diseño experimental, respectivamente.



Figura N° 2
VISTA GENERAL ENSAYO SANTA TERESA, RAFAEL

| | | |
|---|---|---|
| <p>B-1</p> <p>N° PLANTAS 4 9 7 X 7</p> <p>ESPAC. 3 X 3</p> <p>PLANT/HA. 1.100</p> | <p>B-11</p> <p>N° PLANTAS 7 0 1 0 X 7</p> <p>ESPAC. 2 X 3</p> <p>PLANT/HA. 1.668</p> | <p>B-12</p> <p>N° PLANTAS 7 2 6 X 1 2</p> <p>ESPAC. 1,5 X 3</p> <p>PLANT/HA. 2.225</p> |
| <p>B-2</p> <p>N° PLANTAS 1 0 4 8 X 1 3</p> <p>ESPAC. 1,5 X 3</p> <p>PLANT/HA. 2.225</p> | <p>B-10</p> <p>N° PLANTAS 4 9 7 X 7</p> <p>ESPAC. 3 X 3</p> <p>PLANT/HA. 1.100</p> | <p>B-13</p> <p>N° PLANTAS 6 3 7 X 9</p> <p>ESPAC. 3 X 2</p> <p>PLANT/HA. 1.100</p> |
| <p>B-3</p> <p>N° PLANTAS 7 0 7 X 1 0</p> <p>BLOQ. N° 13</p> <p>ESPAC. 2 X 2</p> <p>PLANT/HA. 2.500</p> | <p>B-9</p> <p>N° PLANTAS 4 9 7 X 7</p> <p>ESPAC. 2 X 3</p> <p>PLANT/HA. 1.668</p> | <p>B-14</p> <p>N° PLANTAS 4 9 7 X 7</p> <p>ESPAC. 4 X 2</p> <p>PLANT/HA. 1.250</p> |
| <p>B-4</p> <p>N° PLANTAS 1 0 4 7 X 1 3</p> <p>ESPAC. 1,5 X 3</p> <p>PLANT/HA. 2.225</p> | <p>B-8</p> <p>N° PLANTAS 4 9 7 X 7</p> <p>ESPAC. 3 X 3</p> <p>PLANT/HA. 1.100</p> | <p>B-15</p> <p>N° PLANTAS 4 9 7 X 7</p> <p>ESPAC. 2 X 2</p> <p>PLANT/HA. 2.500</p> |
| <p>B-5</p> <p>N° PLANTAS 7 0 7 X 1 0</p> <p>ESPAC. 2 X 2</p> <p>PLANT/HA. 2.500</p> | <p>B-7</p> <p>N° PLANTAS 4 9 7 X 7</p> <p>ESPAC. 4 X 2</p> <p>PLANT/HA. 1.250</p> | |
| <p>B-6</p> <p>N° PLANTAS 4 9 7 X 7</p> <p>ESPAC. 4 X 2</p> <p>PLANT/HA. 1.250</p> | | |

Figura N° 3
DISEÑO ENSAYO SANTA TERESA, RAFAEL

Ensayo San Antonio de Cuda, Florida

Este ensayo se encuentra ubicado en la Comuna de Florida, sector San Antonio de Cuda, 12 km al norte de Florida, y está instalado en una ladera con exposición Sur.

Tratamientos, diseño, plantas por parcela, parcela de control y variables medidas igual que ensayo anterior.

En las Figuras N° 4 y N° 5 se muestra una visión general del ensayo y su diseño experimental, respectivamente.



Figura N° 4
VISTA GENERAL ENSAYO SAN ANTONIO DE CUDA

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------|--|--|-------------|-----|-------------|---------|------------|---------|-----------|-------|---|-------|--|--|-------------|-----|-------------|---------|------------|-------|-----------|-------|--|-------|-------------|--|------------|-----|-------------|---------|--------|---------|-----------|-------|---|--|-------------|--|------------|-----|-------------|---------|--------|---------|-----------|-------|--|--|------------|--|------------|-----|-------------|-------|--------|-------|-----------|-------|
| | | <table border="1"> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">B-14</td></tr> <tr><td>N° PLANTAS</td><td>6 3</td></tr> <tr><td>BLOQ. N° 1</td><td>7 X 9</td></tr> <tr><td>ESPAC.</td><td>4 X 2</td></tr> <tr><td>PLANT/HA.</td><td>1.250</td></tr> </table> | | B-14 | | N° PLANTAS | 6 3 | BLOQ. N° 1 | 7 X 9 | ESPAC. | 4 X 2 | PLANT/HA. | 1.250 | <table border="1"> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">B-15</td></tr> <tr><td>N° PLANTAS</td><td>6 3</td></tr> <tr><td>BLOQ. N° 6</td><td>7 X 9</td></tr> <tr><td>ESPAC.</td><td>2 X 2</td></tr> <tr><td>PLANT/HA.</td><td>2.500</td></tr> </table> | | B-15 | | N° PLANTAS | 6 3 | BLOQ. N° 6 | 7 X 9 | ESPAC. | 2 X 2 | PLANT/HA. | 2.500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B-14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N° PLANTAS | 6 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BLOQ. N° 1 | 7 X 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ESPAC. | 4 X 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PLANT/HA. | 1.250 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B-15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N° PLANTAS | 6 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BLOQ. N° 6 | 7 X 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ESPAC. | 2 X 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PLANT/HA. | 2.500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">B-13</td></tr> <tr><td>N° PLANTAS</td><td>6 3</td></tr> <tr><td>BLOQ. N° 13</td><td>7 X 9</td></tr> <tr><td>ESPAC.</td><td>2 X 2</td></tr> <tr><td>PLANT/HA.</td><td>2.500</td></tr> </table> | | B-13 | | N° PLANTAS | 6 3 | BLOQ. N° 13 | 7 X 9 | ESPAC. | 2 X 2 | PLANT/HA. | 2.500 | <table border="1"> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">B-12</td></tr> <tr><td>N° PLANTAS</td><td>4 9</td></tr> <tr><td>BLOQ. N° 12</td><td>7 X 7</td></tr> <tr><td>ESPAC.</td><td>4 X 2</td></tr> <tr><td>PLANT/HA.</td><td>1.250</td></tr> </table> | | B-12 | | N° PLANTAS | 4 9 | BLOQ. N° 12 | 7 X 7 | ESPAC. | 4 X 2 | PLANT/HA. | 1.250 | <table border="1"> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">B-11</td></tr> <tr><td>N° PLANTAS</td><td>6 3</td></tr> <tr><td>BLOQ. N° 11</td><td>7 X 9</td></tr> <tr><td>ESPAC.</td><td>2 X 2</td></tr> <tr><td>PLANT/HA.</td><td>2.500</td></tr> </table> | | B-11 | | N° PLANTAS | 6 3 | BLOQ. N° 11 | 7 X 9 | ESPAC. | 2 X 2 | PLANT/HA. | 2.500 | <table border="1"> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">B-10</td></tr> <tr><td>N° PLANTAS</td><td>6 3</td></tr> <tr><td>BLOQ. N° 10</td><td>7 X 9</td></tr> <tr><td>ESPAC.</td><td>4 X 2</td></tr> <tr><td>PLANT/HA.</td><td>1.250</td></tr> </table> | | B-10 | | N° PLANTAS | 6 3 | BLOQ. N° 10 | 7 X 9 | ESPAC. | 4 X 2 | PLANT/HA. | 1.250 | | | | | | | | | | | | |
| B-13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N° PLANTAS | 6 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BLOQ. N° 13 | 7 X 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ESPAC. | 2 X 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PLANT/HA. | 2.500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N° PLANTAS | 4 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BLOQ. N° 12 | 7 X 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ESPAC. | 4 X 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PLANT/HA. | 1.250 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N° PLANTAS | 6 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BLOQ. N° 11 | 7 X 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ESPAC. | 2 X 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PLANT/HA. | 2.500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B-10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N° PLANTAS | 6 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BLOQ. N° 10 | 7 X 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ESPAC. | 4 X 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PLANT/HA. | 1.250 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">B-6</td></tr> <tr><td>N° PLANTAS</td><td>9 1</td></tr> <tr><td>BLOQ. N° 6</td><td>7 X 1 3</td></tr> <tr><td>ESPAC.</td><td>1,5 X 3</td></tr> <tr><td>PLANT/HA.</td><td>2.225</td></tr> </table> | | B-6 | | N° PLANTAS | 9 1 | BLOQ. N° 6 | 7 X 1 3 | ESPAC. | 1,5 X 3 | PLANT/HA. | 2.225 | <table border="1"> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">B-7</td></tr> <tr><td>N° PLANTAS</td><td>7 0</td></tr> <tr><td>BLOQ. N° 7</td><td>7 X 1 0</td></tr> <tr><td>ESPAC.</td><td>2 X 3</td></tr> <tr><td>PLANT/HA.</td><td>1.668</td></tr> </table> | | B-7 | | N° PLANTAS | 7 0 | BLOQ. N° 7 | 7 X 1 0 | ESPAC. | 2 X 3 | PLANT/HA. | 1.668 | <table border="1"> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">B-8</td></tr> <tr><td>N° PLANTAS</td><td>4 9</td></tr> <tr><td>BLOQ. N° 8</td><td>7 X 7</td></tr> <tr><td>ESPAC.</td><td>3 X 3</td></tr> <tr><td>PLANT/HA.</td><td>1.100</td></tr> </table> | | B-8 | | N° PLANTAS | 4 9 | BLOQ. N° 8 | 7 X 7 | ESPAC. | 3 X 3 | PLANT/HA. | 1.100 | <table border="1"> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">B-9</td></tr> <tr><td>N° PLANTAS</td><td>9 1</td></tr> <tr><td>BLOQ. N° 9</td><td>7 X 1 3</td></tr> <tr><td>ESPAC.</td><td>1,5 X 3</td></tr> <tr><td>PLANT/HA.</td><td>2.225</td></tr> </table> | | B-9 | | N° PLANTAS | 9 1 | BLOQ. N° 9 | 7 X 1 3 | ESPAC. | 1,5 X 3 | PLANT/HA. | 2.225 | | | | | | | | | | | | |
| B-6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N° PLANTAS | 9 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BLOQ. N° 6 | 7 X 1 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ESPAC. | 1,5 X 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PLANT/HA. | 2.225 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B-7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N° PLANTAS | 7 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BLOQ. N° 7 | 7 X 1 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ESPAC. | 2 X 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PLANT/HA. | 1.668 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B-8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N° PLANTAS | 4 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BLOQ. N° 8 | 7 X 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ESPAC. | 3 X 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PLANT/HA. | 1.100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B-9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N° PLANTAS | 9 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BLOQ. N° 9 | 7 X 1 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ESPAC. | 1,5 X 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PLANT/HA. | 2.225 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">B-5</td></tr> <tr><td>N° PLANTAS</td><td>7 0</td></tr> <tr><td>BLOQ. N° 5</td><td>10 X 7</td></tr> <tr><td>ESPAC.</td><td>2 X 3</td></tr> <tr><td>PLANT/HA.</td><td>1.668</td></tr> </table> | | B-5 | | N° PLANTAS | 7 0 | BLOQ. N° 5 | 10 X 7 | ESPAC. | 2 X 3 | PLANT/HA. | 1.668 | <table border="1"> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">B-4</td></tr> <tr><td>N° PLANTAS</td><td>4 9</td></tr> <tr><td>BLOQ. N° 4</td><td>7 X 7</td></tr> <tr><td>ESPAC.</td><td>3 X 3</td></tr> <tr><td>PLANT/HA.</td><td>1.100</td></tr> </table> | | B-4 | | N° PLANTAS | 4 9 | BLOQ. N° 4 | 7 X 7 | ESPAC. | 3 X 3 | PLANT/HA. | 1.100 | <table border="1"> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">B-3</td></tr> <tr><td>N° PLANTAS</td><td>8 4</td></tr> <tr><td>BLOQ. N° 13</td><td>7 X 1 2</td></tr> <tr><td>ESPAC.</td><td>1,5 X 3</td></tr> <tr><td>PLANT/HA.</td><td>2.225</td></tr> </table> | | B-3 | | N° PLANTAS | 8 4 | BLOQ. N° 13 | 7 X 1 2 | ESPAC. | 1,5 X 3 | PLANT/HA. | 2.225 | <table border="1"> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">B-1</td></tr> <tr><td>N° PLANTAS</td><td>4 9</td></tr> <tr><td>BLOQ. N° 14</td><td>7 X 7</td></tr> <tr><td>ESPAC.</td><td>3 X 3</td></tr> <tr><td>PLANT/HA.</td><td>1.100</td></tr> </table> | | B-1 | | N° PLANTAS | 4 9 | BLOQ. N° 14 | 7 X 7 | ESPAC. | 3 X 3 | PLANT/HA. | 1.100 | <table border="1"> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">B-2</td></tr> <tr><td>N° PLANTAS</td><td>4 9</td></tr> <tr><td>BLOQ. N° 15</td><td>7 X 7</td></tr> <tr><td>ESPAC.</td><td>3 X 3</td></tr> <tr><td>PLANT/HA.</td><td>1.100</td></tr> </table> | | B-2 | | N° PLANTAS | 4 9 | BLOQ. N° 15 | 7 X 7 | ESPAC. | 3 X 3 | PLANT/HA. | 1.100 |
| B-5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N° PLANTAS | 7 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BLOQ. N° 5 | 10 X 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ESPAC. | 2 X 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PLANT/HA. | 1.668 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B-4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N° PLANTAS | 4 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BLOQ. N° 4 | 7 X 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ESPAC. | 3 X 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PLANT/HA. | 1.100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B-3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N° PLANTAS | 8 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BLOQ. N° 13 | 7 X 1 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ESPAC. | 1,5 X 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PLANT/HA. | 2.225 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B-1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N° PLANTAS | 4 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BLOQ. N° 14 | 7 X 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ESPAC. | 3 X 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PLANT/HA. | 1.100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B-2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N° PLANTAS | 4 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BLOQ. N° 15 | 7 X 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ESPAC. | 3 X 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PLANT/HA. | 1.100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura N° 5
DISEÑO ENSAYO SAN ANTONIO DE CUDA

VARIABLES MEDIDAS Y ANÁLISIS

La evaluación se realizó el año 2012, cuando ambos ensayos contaban con 8 años desde su establecimiento.

En la evaluación de los resultados se aplicó un análisis de variancia con dos factores de variación bajo control (densidad de plantación y bloques).

Cuando los resultados fueron significativos se aplicó la prueba de Tukey, para evaluar las diferencias entre los tratamientos. En ambas evaluaciones se utilizó un nivel de confianza del 95%.

Las variables medidas en las parcelas son las siguientes:

Altura total de todos los individuos en cada parcela (m)

DAP de todos los individuos en cada parcela (cm)

Área Basal por parcela (m^2/ha)

Estimador de Biomasa por parcela ($D^2 \times$ Altura Total)

Supervivencia (%)

RESULTADOS

Como se indicó, ambos ensayos fueron medidos el año 2012, a los 8 años de edad. Un aspecto general de estos ensayos en visión aérea se aprecia en las Figuras N° 6 y N° 7.

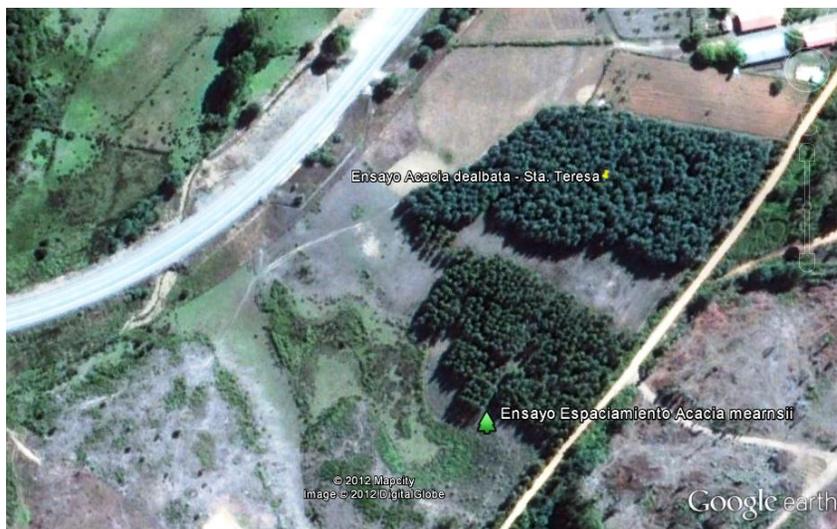


Figura N° 6
ASPECTO GENERAL ENSAYO SANTA TERESA, RAFAEL (2012)



Figura N° 7
ASPECTO GENERAL ENSAYO SAN ANTONIO DE CUDA, FLORIDA (2012)

Los resultados generales de la medición realizada en ambos ensayos son presentados en el Cuadro N° 2.

La comparación del desarrollo en biomasa de *Acacia mearnsii* en ambos ensayos, ante la no existencia de modelos de volumen para la especie desarrollados en el país, se efectuó utilizando una variable estimadora de biomasa, que corresponde al producto del cuadrado del DAP multiplicado por la altura (D^2H).

Una descripción del crecimiento general de *Acacia mearnsii* en estos ensayos se puede observar a través de la relación entre sus diámetros y las alturas observadas en los años 2005 y 2012, cuando el ensayo tenía 1 y 8 años, respectivamente. Esto se presenta en las Figuras N° 8 y N° 9.

Una primera revisión de estos antecedentes señala que en Santa Teresa se presentan mayores dimensiones en diámetro y altura, lo que se traduce en mayores volúmenes esperados.

En relación con la supervivencia de los ensayos, el ensayo de San Antonio de Cuda presentó un 96% en promedio, mientras que el ensayo de Santa Teresa fue afectado por una intervención accidental, que afectó algunas parcelas y redujo la supervivencia al 63%.

Cuadro N° 2
RESULTADOS GENERALES SEGÚN ESPACIAMIENTO Y ENSAYO
(8 años edad)

| Variable | Ensayo | |
|----------|----------------------|------------------------------|
| | Santa Teresa, Rafael | San Antonio de Cuda, Florida |

| DAP (cm) | | | | | | |
|---------------------|-------|-----------------|-----------------|-------|-----------------|-----------------|
| Tratamiento | Media | Valor Mínimo | Valor Máximo | Media | Valor Mínimo | Valor Máximo |
| 3 x 1,5 | 14,24 | 7 | 17 | 9,88 | 4,2 | 16 |
| 3 x 2 | 14,14 | 7,2 | 19,6 | 10,26 | 5,1 | 15 |
| 3 x 3 | 13,26 | 9,6 | 17,6 | 11,23 | 4,7 | 16,3 |
| 2 x 2 | 13,11 | 6,9 | 18,5 | 9,98 | 6,2 | 14,5 |
| 2 x 4 | 12,28 | 6 | 17,3 | 11,4 | 3,5 | 16,2 |

| ALTURA (m) | | | | | | |
|-----------------------|-------|-----------------|-----------------|-------|-----------------|-----------------|
| Tratamiento | Media | Valor Mínimo | Valor Máximo | Media | Valor Mínimo | Valor Máximo |
| 3 x 1,5 | 12,4 | 3,5 | 19,2 | 12,34 | 6,2 | 15,8 |
| 3 x 2 | 14,14 | 5,7 | 24,3 | 12,21 | 9 | 14,6 |
| 3 x 3 | 13,87 | 6,1 | 21,1 | 11,62 | 5,6 | 13,9 |
| 2 x 2 | 12,13 | 4,9 | 17 | 11,33 | 7,8 | 13,5 |
| 2 x 4 | 13,25 | 6,8 | 20,2 | 11,26 | 7,1 | 13,9 |

| D²H | | | | | | |
|-----------------------|-------|-----------------|-----------------|-------|-----------------|-----------------|
| Tratamiento | Media | Valor Mínimo | Valor Máximo | Media | Valor Mínimo | Valor Máximo |
| 3 x 1,5 | 2.689 | 172 | 5.419 | 1.344 | 109 | 3.748 |
| 3 x 2 | 3.007 | 296 | 9.335 | 1.349 | 234 | 3.060 |
| 3 x 3 | 2.548 | 562 | 6.071 | 1.552 | 124 | 3.667 |
| 2 x 2 | 2.233 | 268 | 4.518 | 1.212 | 311 | 2.565 |
| 2 x 4 | 2.358 | 244 | 5.301 | 1.567 | 87 | 3.071 |

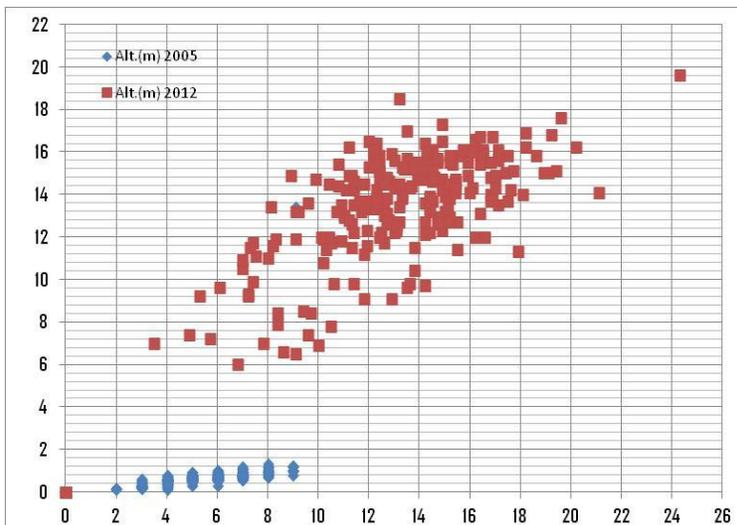


Figura N° 8
RELACIÓN DIÁMETRO Y ALTURA ENSAYO SANTA TERESA, RAFAEL

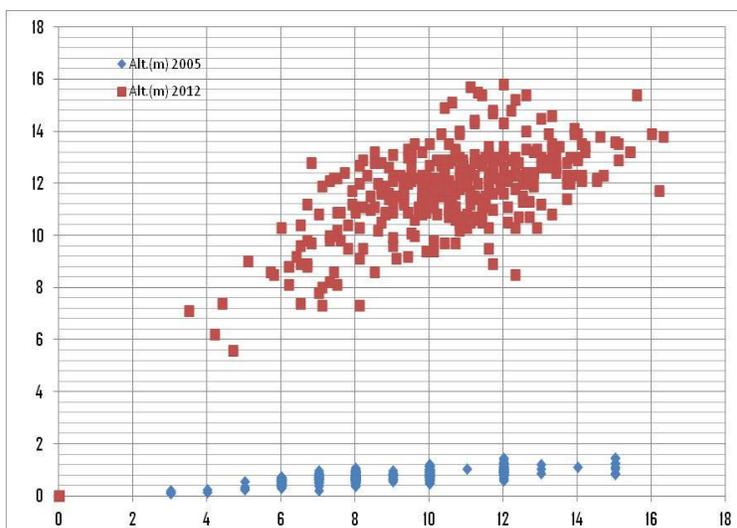


Figura N° 9
RELACIÓN DIÁMETRO Y ALTURA ENSAYO SAN ANTONIO DE CUDA, FLORIDA

Desarrollo en DAP

Los resultados obtenidos en el crecimiento del DAP, a los 8 años en cada ensayo, son presentados en el Cuadro N° 3 y en la Figura N° 10.

Cuadro N° 3
RESULTADOS EN DAP SEGÚN ESPACIAMIENTO Y ENSAYO

| Espaciamiento (m) (arb/ha) | Santa Teresa Rafael | San Antonio de Cuda Florida |
|-------------------------------|------------------------|--------------------------------|
| | Medias (cm) | |
| 2 x 4 (1.250) | 12,28 A | 11,4 C |
| 2 x 2 (2.500) | 13,11 A B | 9,98 A |
| 3 x 3 (1.111) | 13,26 A B | 11,23 B C |
| 3 x 2 (1.667) | 14,14 B | 10,26 A B |
| 3 x 1,5 (2.222) | 14,24 B | 9,88 A |

Letras distintas indican diferencias significativas ($p <= 0,05$)

El análisis de variancia realizado permite detectar una diferencia significativa entre los diámetros medios de las diferentes densidades a los 8 años de edad, en ambos ensayos, sin haber existido diferencias significativas entre bloques. Se destaca el mayor valor registrado en el ensayo Santa Teresa.

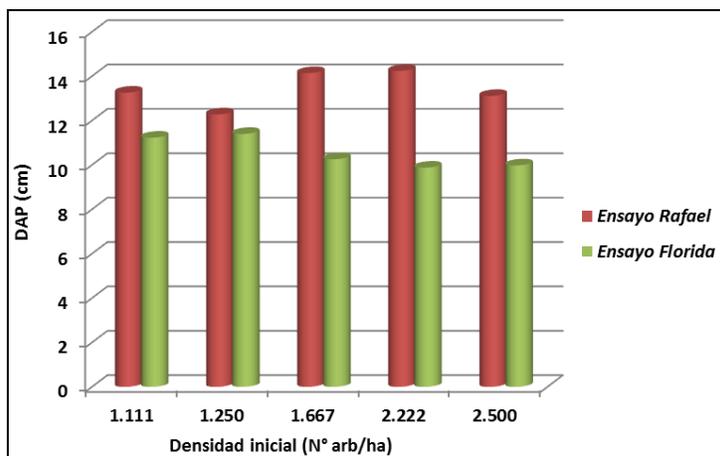


Figura N° 10
COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS EN DAP
SEGÚN ESPACIAMIENTO Y ENSAYO
(8 años edad)

Al momento de la evaluación los doseles de ambos ensayos estaban en general cerrados, sin embargo es necesario señalar que en el caso del ensayo Rafael, algunas parcelas sufrieron una alteración producto de trabajos realizados por el propietario en el terreno. Ello implicó que 2 parcelas, de las 15 en total, presentaran una supervivencia cercana al 40% (2 x 2 y 2 x 4 m), lo que llevó a que el promedio general del ensayo llegara al 65%.

Como antecedente es posible señalar que en el ensayo Florida, la supervivencia promedio fue del 96%, donde el menor valor se obtuvo en la parcela con el espaciamiento de 3 x 3 m con un valor del 89%.

En las pruebas de comparación, los tratamientos con mayor densidad de árboles en el ensayo de Rafael presentan los mayores diámetros y se diferencian entre sí, pero se debe considerar lo señalado previamente respecto de la alteración de algunas de las parcelas. En el ensayo de Florida, los tratamientos con menor espaciamiento presentan un diámetro medio menor, con diferencia estadística entre ellos.

El comportamiento observado coincide con los resultados obtenidos en ensayos similares instalados en Argentina, de la misma especie y de otras edades (Correa *et al.*, 2011).

Los resultados señalan que las densidades más bajas han presentado en general mayores tasas de crecimiento.

Desarrollo en Altura

Los resultados obtenidos en el crecimiento en altura a los 8 años en cada ensayo son resumidos en el Cuadro N° 4 y la Figura N° 11.

Cuadro N° 4
RESULTADOS EN ALTURA SEGÚN ESPACIAMIENTO Y ENSAYO

| Espaciamiento (m) (arb/ha) | Santa Teresa Rafael | | | San Antonio de Cuda Florida | | |
|-------------------------------|------------------------|---|---|--------------------------------|---|---|
| | Medias (m) | | | | | |
| 2 x 4 (1.250) | 13,25 | A | B | 11,26 | A | |
| 2 x 2 (2.500) | 12,13 | A | | 11,33 | A | |
| 3 x 3 (1.111) | 13,87 | A | B | 11,62 | A | B |
| 3 x 2 (1.667) | 14,14 | | | 12,21 | B | C |
| 3 x 1,5 (2.222) | 12,40 | A | B | 12,34 | C | |

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

El análisis de variancia realizado permite detectar una diferencia significativa entre la altura media en ambos ensayos. No se observaron diferencias significativas entre bloques. Se destaca nuevamente el mayor valor registrado en el ensayo en Rafael.

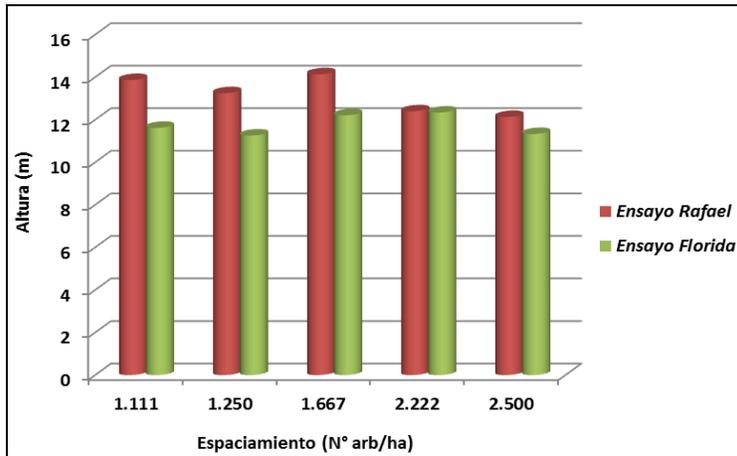


Figura N° 11
COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS EN ALTURA
SEGÚN DENSIDAD INICIAL Y ENSAYO
(8 años edad)

En el ensayo de Rafael los tratamientos con menor densidad de árboles presentan las mayores alturas medias no siendo en general, significativamente diferentes entre sí. En el ensayo de Florida los resultados son similares.

Desarrollo en Área Basal

Los resultados obtenidos para el área basal a la edad de 8 años, según cada espaciamiento utilizado, se presentan en el Cuadro N° 5 y Figura N° 12.

Cuadro N° 5
RESULTADOS EN ÁREA BASAL SEGÚN ESPACIAMIENTO Y ENSAYO

| Espaciamiento (m) (arb/ha) | Santa Teresa Rafael | San Antonio de Cuda Florida |
|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | Medias (m ² /ha) | |
| 2 x 4 (1.250) | 8,88 A | 12,50 A |
| 2 x 2 (2.500) | 20,43 C | 19,33 C |
| 3 x 3 (1.111) | 9,74 A | 10,67 A |
| 3 x 2 (1.667) | 16,69 B | 13,77 A B |
| 3 x 1,5 (2.222) | 24,48 D | 17,80 B C |

Letras distintas indican diferencias significativas ($p <= 0,05$)

El análisis de variancia realizado permite detectar una diferencia significativa en área basal en ambos ensayos. Se destaca nuevamente los mayores valores registrados en el ensayo en Rafael.

Es necesario señalar que el valor del área basal en el ensayo de Rafael está afectado por la intervención que sufrió el ensayo y que significó una menor supervivencia de árboles (63%). Esto afectó especialmente a las parcelas con menor densidad. En general el comportamiento del área basal fue similar en ambos ensayos.

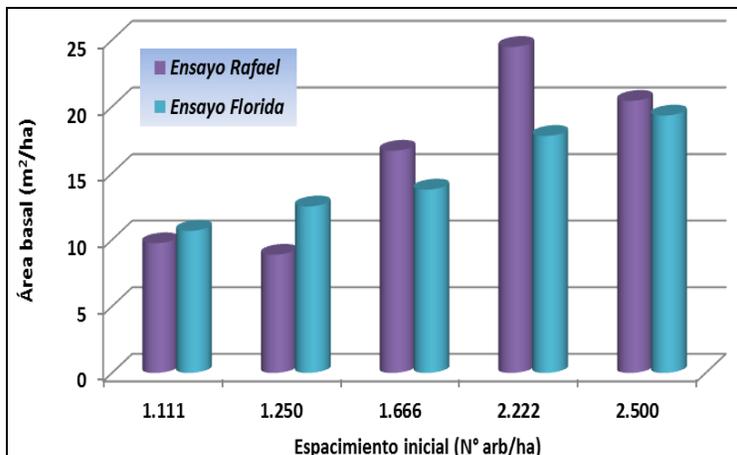


Figura N° 12
COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS EN ÁREA BASAL
SEGÚN ESPACIAMIENTO Y ENSAYO
(8 años edad)

En el ensayo de Rafael los tratamientos con mayor densidad en general presentaron un mayor valor en área basal, siendo significativamente diferentes entre sí. En el ensayo de Florida los resultados son similares.

Los resultados señalan que las densidades más altas han presentado en general mayores tasas de crecimiento en área basal.

Desarrollo en Biomasa

Tal como se señaló previamente, para poder hacer una estimación y comparación del desarrollo en biomasa de *Acacia mearnsii* en ambos ensayos, se utilizó una variable estimadora de biomasa, la que corresponde al producto del cuadrado del DAP multiplicado por la altura (D^2H).

Los resultados obtenidos para la estimación y comparación de la biomasa a la edad de 8 años desde cada ensayo, se presentan en el Cuadro N° 6 y Figura N° 13.

Cuadro N° 6
RESULTADOS EN ESTIMACIÓN DE BIOMASA SEGÚN ESPACIAMIENTO Y ENSAYO

| Espaciamiento (m) (arb/ha) | Santa Teresa Rafael | | San Antonio de Cuda Florida | |
|-------------------------------|------------------------|-----|--------------------------------|-----|
| | Medias (D^2H) | | | |
| 2 x 4 (1.250) | 2.357,88 | A B | 1.566,60 | B |
| 2 x 2 (2.500) | 2.233,35 | A | 1.211,84 | A |
| 3 x 3 (1.111) | 2.547,67 | A B | 1.551,75 | B |
| 3 x 2 (1.667) | 3.006,87 | B | 1.348,97 | A B |
| 3 x 1,5 (2.222) | 2.689,34 | A B | 1.343,69 | A B |

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

El análisis de variancia realizado permite detectar una diferencia significativa en la estimación de biomasa en ambos ensayos. Se destaca nuevamente los mayores valores registrados en el ensayo en Rafael.

En general el comportamiento del estimador de biomasa fue similar al presentado para el caso del área basal en ambos ensayos.

En el ensayo de Rafael los tratamientos con 1.667 arb/ha presentan un mayor valor en la estimación de biomasa, siendo significativamente diferentes con el resto de las densidades ensayadas. Este espaciamiento junto al de 2.222 arb/ha presentaron los mayores valores. En el ensayo de Florida los mayores resultados en biomasa se obtuvieron en los espaciamientos de 1.250 y 1.111 arb/ha, no siendo en general estadísticamente distintos del resto de las densidades.

Los resultados señalan que las densidades intermedias han presentado en general mayores tasas de crecimiento en área basal.

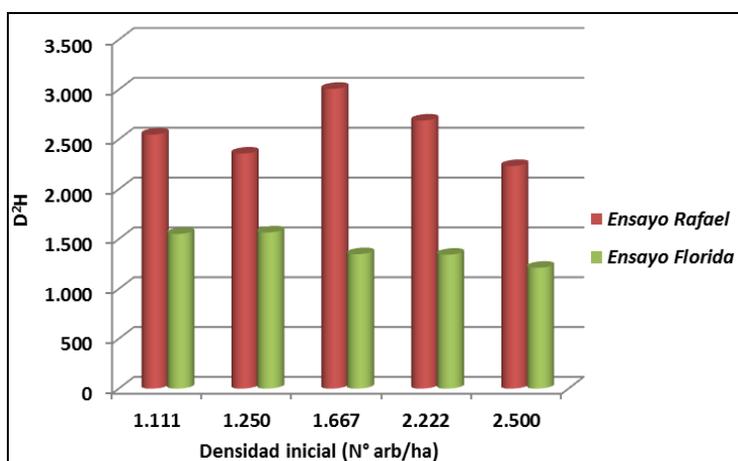


Figura N° 13
COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS EN ESTIMACIÓN DE BIOMASA
SEGÚN DENSIDAD INICIAL Y ENSAYO
(8 años edad)

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos a los 8 años desde los 2 ensayos evaluados indican un efecto significativo del espaciamiento inicial sobre el crecimiento en diámetro y el área basal. Además, se observa una diferencia entre los valores obtenidos a partir de cada ensayo, señalando un efecto del sitio sobre el valor de las variables resultantes.

Los valores registrados son similares a los señalados por la bibliografía, la que indica que *Acacia mearnsii* es un arbusto grande o un árbol pequeño, comúnmente de 6 a 10 m de altura, pero puede alcanzar hasta 20 m (Kannegiesser, 1990).

Correa *et al.*, 2011, señalan que en un ensayo de 3 años no se observó diferencias significativas en el volumen sin corteza de madera, señalando que esta situación sería debida a la temprana edad en que se realiza esta evaluación. Agregan que existiría una relación inversa en función de las distancias de plantación, lo que indica que a menor espaciamiento se genera una mayor producción de volumen.

En Brasil, más específicamente en el Estado de Río Grande do Sul, donde existen plantaciones con *Acacia mearnsii*, una plantación de ocho años produce aproximadamente 200 m³ de madera y 16 toneladas de corteza (Higa *et al.*, 1998; Pinilla y Gutiérrez, 2000). En este país, en los mejores suelos, es usual utilizar un menor espaciamiento inicial a fin de obtener un mayor volumen de madera, empleando espaciamientos de 3 x 3 metros a 2,5 x 3 metros. En relación con las técnicas de establecimiento, estas son simples. Normalmente el agricultor usa el fuego para limpiar los campos, consiguiendo con esto romper la latencia de las semillas de acacia y favorecer su germinación. Posteriormente, dependiendo de la magnitud de la regeneración, puede manejarla o realizar una plantación. El uso de fertilizantes es una práctica eventual (Pinilla y Gutiérrez, 2000).

En este mismo país, Guimarães *et al.* (2000) señalan que la especie en rotaciones de 7 años, utilizando espaciamientos de 3 x 1,3 m, presenta una altura media de 15,8 m, un DAP de 12,4 cm y un área basal de 19,2 m²/ha.

El rendimiento típico de una plantación comercial bien manejada de 10-11 años en Natal, Sudáfrica, es de 21 t/ha de corteza seca y 112 t/ha de madera seca al aire. En el más fresco Transvaal los mismos resultados corresponden a 16,6 y 74,8 t/ha, respectivamente. A esta edad los árboles miden 17,4 m de altura y 14,5 cm de diámetro en Natal, y 14,4 m y 13,4 cm en Transvaal (Stubbing y Shonau, 1982, citados por Kannegiesser, 1990). Estos resultados también son coincidentes con los obtenidos en estos ensayos en Chile. En sitios apropiados y donde los árboles son fertilizados es posible obtener un incremento medio anual de 15 - 25 m³/ha de madera a los 7 - 10 años (Turnbull, 1986).

Los resultados obtenidos también son comparables con los reportados desde Fukuoka (Japón), donde plantaciones no manejadas, que se establecieron en suelos derivados de granitos, presentaron alturas de 7 m a los 3 años; 13 m a los 6 años y 15 m a los 8 años. Los DAP medios de estos rodales fueron 0,6 cm al año; 5 cm a los 3 años y 13 cm a los 8 años. A los 10 años y con 1.500 árb/ha al final de la rotación se produjeron 12 t/ha de corteza y 130 m³/ha de madera. Con un manejo apropiado se puede obtener alrededor de 200 m³/ha de madera a los 10 - 11 años (Kannegiesser, 1990).

Kannegiesser (1990) señala que la plantación de esta especie se puede realizar a espaciamientos de 2 x 2 m; 2,5 x 2,5 m; 3 x 1,3 m y 2 x 3 m. Los espaciamientos mayores se practican en aquellas áreas donde se realizan cultivos interfilas y además se permite el uso de implementos mecánicos. Estos espaciamientos originan rodales con densidades entre 2.500 y 1.700 árboles por hectárea. Agrega que la mejor corteza, a los 7 - 10 años de edad, se produce en rodales cuyas densidades fluctúan entre 1.200 y 1.500 árboles por hectárea.

En parcelas de introducción de especies ubicadas en la Hacienda Rucamanqui (Región del Bio Bio), de propiedad de Forestal y Agrícola Monteágula SA, el desarrollo de *Acacia mearnsii* mostró ser sobresaliente (INFOR, 1995). La Empresa realizó ensayos de pulpaje y sus características han resultado ser apropiadas para la producción de pulpa en mezcla con *Eucalyptus sp* (Pinilla, 2000).

Paralelamente, INFOR ha desarrollado en otros estudios relaciones funcionales estáticas y dinámicas a nivel local para *Acacia mearnsii*, intentando evaluar esquemas silviculturales y de manejo (INFOR, 1998; 1999). Esta misma investigación menciona que no sería posible manejar plantaciones bajo el esquema de monte bajo, debido a la escasa retoñación de tocones. Los crecimientos medios anuales en volumen se estimaron cercanos a 5 m³/ha/año, presentando una respuesta inmediata al raleo. Finalmente, se concluye que esta especie, debido a sus características de crecimiento y su diversidad de usos, es una interesante alternativa productiva para sectores de la región del secano interior hacia el sur.

Pinilla *et al.* (2004), reportan un ensayo de especies y procedencias en que los resultados señalaron diferencias significativas entre las especies; *Acacia dealbata*, *Acacia melanoxylon* y *Acacia mearnsii* (Cuadro N° 7). En general estos datos coinciden con los obtenidos desde los ensayos evaluados.

Cuadro N° 7
PARÁMETROS OBTENIDO EN UN ENSAYO CON ACACIAS A LOS 9 AÑOS DE EDAD

| Especies | DAP (cm) | Altura (m) | Supervivencia (%) |
|---------------------------|-----------------|-------------------|--------------------------|
| <i>Acacia dealbata</i> | 16,5 | 18,4 | 90 |
| <i>Acacia mearnsii</i> | 12,5 | 16,1 | 87 |
| <i>Acacia melanoxylon</i> | 9,7 | 11,6 | 85 |

(Pinilla *et al.*, 2004)

En general no existe mucha información en cuanto al efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento de *Acacia mearnsii*. En los ensayos evaluados, los tratamientos con mayor densidad de árboles en el ensayo de Rafael presentan los mayores diámetros y se diferencian entre sí, mientras que en el ensayo de Florida, los tratamientos con menor espaciamiento presentan un diámetro medio menor, con diferencias estadísticas entre ellos.

En el caso de una plantación de *A. mearnsii*, establecida para obtener corteza y madera, los esquemas de raleo deben orientarse a obtener la cantidad o calidad de ambos productos o para obtener el máximo rendimiento de uno a expensas del otro (Pinilla y Gutiérrez, 2000). Estos esquemas de raleo son importantes en el caso que se requiera manejar rodales naturales de la especie, de modo de que a través de 2 o 3 intervenciones se llegue al número de árboles final deseado.

El comportamiento observado coincide en cierta medida y en especial en el ensayo Florida, con los resultados obtenidos en ensayos instalados en Argentina, similares de la misma especie y de otras edades (Correa *et al.*, 2011), donde se encontró que las distancias de plantación presentaron un efecto significativo sobre el crecimiento en diámetro medio aritmético, evidenciándose que a mayor distancia de plantación mayor diámetro medio.

Los resultados señalan que las densidades más bajas han presentado en general mayores tasas de crecimiento en biomasa, con la excepción del ensayo Rafael que fue afectado por la cosecha de árboles efectuada por el propietario alterando el diseño. Sin embargo, a pesar de la pérdida de árboles, los resultados obtenidos señalan un interesante potencial productivo de la especie en esa zona.

En el ensayo de Rafael los tratamientos con mayor densidad en general presentaron un mayor valor en área basal, siendo significativamente diferentes entre sí. En el ensayo de Florida los resultados son similares. Estos resultados señalan que las densidades más altas han presentado en general mayores tasas de crecimiento en área basal.

Igual situación se observó al analizar el estimador de biomasa; a una menor distancia de plantación se obtiene una mayor producción. Destacan nuevamente los mayores valores registrados en el ensayo en Rafael. En general el comportamiento del estimador de biomasa fue similar al presentado para el caso del área basal en ambos ensayos.

Un aspecto interesante de señalar es que, dado que la madera de *Acacia mearnsii* proporciona una excelente leña, con un peso específico de 0,70 a 0,85 g/cm³ y un poder calorífico de 14.630 a 16.720 kJ/kg (Kannegiesser, 1990), los resultados de ensayos de espaciamiento inicial pueden ser también utilizados si la opción es la generación de biomasa para energía.

CONCLUSIONES

Las necesidades de información para la adopción de nuevas especies forestales para su uso en el sector forestal nacional, en este caso especies del género *Acacia*, requiere de información de diversos aspectos, siendo relevantes aquellos asociados a su adaptación a diferentes áreas en el país y las estimaciones de crecimiento y rendimiento. Ello implica analizar el

comportamiento de las principales variables de rodal, intentando abarcar un rango de edades, densidades y calidades de sitio.

El trabajo desarrollado por INFOR con estas especies es un primer esfuerzo por lograr información confiable al respecto y se ha complementado con estudios de las propiedades de su madera y con los primeros avances en un programa de mejoramiento genético.

Este estudio realizado por INFOR es el primer trabajo sobre el efecto del espaciamiento inicial en *Acacia mearnsii* en el país y abarcó dos áreas geográficas en la región del Bio Bio, Los resultados son satisfactorios en cuanto al crecimiento de la especie y constituyen una primera e información sobre rendimientos y crecimientos, antecedentes de importancia para la toma de decisiones por parte de interesados en el cultivo de estas especies forestales alternativas a las tradicionalmente empleadas.

Como conclusiones preliminares se puede señalar las siguientes:

Acacia mearnsii parece una interesante alternativa para los forestadores e industrias dedicadas a la producción de pulpa y madera aserrada.

Acacia mearnsii se presenta como una especie que justifica mayor investigación por su adaptabilidad y características de crecimiento, y por los posibles productos a obtener desde ella (madera, biomasa, taninos a partir de su corteza).

En el ensayo de Rafael se registra un valor promedio a los 8 años de edad de 13,4 cm y 13,2 m en DAP y altura, respectivamente, y los valores máximos medios registrados para estas variables son de 18 cm y 20,4 m, respectivamente.

En el ensayo en Florida se registra un valor promedio a los 8 años de edad de 10,6 cm y 11,8 m en DAP y altura, respectivamente, y los valores máximos medios alcanzan 15,6 cm y 14,3 m, respectivamente.

Las áreas basales alcanzan a 15,5 m²/ha en el ensayo en Rafael y 14,8 m²/ha en el establecido en Florida.

La supervivencia fue de un 96 % en el ensayo de Florida y un 63 % en el ensayo de Rafael, este último afectado por una intervención ajena al diseño. Este factor afectó necesariamente los resultados del ensayo en Rafael, sin embargo, los valores obtenidos desde esta unidad confirman el potencial de la especie.

Se destaca en general en los ensayos los mayores valores registrados en la unidad establecida en Tomé, sector Rafael, que ponen en evidencia un efecto de sitio en los resultados obtenidos.

La densidad inicial presentó un efecto significativo sobre el crecimiento en DAP, evidenciándose que a mayor distancia de plantación mayor diámetro medio.

Los resultados señalan que las densidades más altas han presentado en general mayores tasas de crecimiento en área basal e igual situación se observó al analizar el estimador de biomasa, en el cual a una menor distancia de plantación se obtiene una mayor producción.

Estos resultados son de interés en función de los productos objetivo que se planteen; para productos menores como pulpa o energía los espaciamientos estrechos aparecen como más convenientes en rotaciones cortas.

Es necesario seguir ensayando procedencias y progenies de esta especie en otras áreas geográficas, con el objetivo aumentar la cobertura de la información y seleccionar material apropiado para la forestación y para avanzar hacia un mejoramiento genético.

Se debe dar seguimiento por más tiempo a estos ensayos de espaciamiento y establecer otros en diferentes áreas geográficas con el fin de permitir el desarrollo de funciones de crecimiento para la especie en diferentes sitios.

REFERENCIAS

Correa, M.; Toloza, R.; Pereyra, L.; Silva, F. y Friedl, R., 2011. Resultados iniciales de un ensayo de acacia negra (*Acacia mearnsii* De Wild) en la provincia de Misiones. XIII Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales, UNaM – EEA Montecarlo, INTA. El Dorado, Misiones, Argentina.

Guimarães, C.; Spathelf, P.; Schneide, P. y Coelho, L., 2000. Curvas de altura-diámetro de acácia negra (*Acacia mearnsii* de Wild). Cienc. Rural vol.30 no.3 Santa María May/June 2000.

Higa, A. R.; Dedecek, R. A.; Dos Santos, A. F.; Stein, P. P. y Simon, A. A., 1998. Desarrollo de sistemas de producción para acacia negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). Resumen.

INFOR, 1995. Investigación silvicultura de *Acacia melanoxylon*. (Informe de avance 1995). INFOR - CORFO. Concepción.

INFOR, 1998. Incorporación de especies del género *Acacia* a la producción forestal chilena. Formulario de presentación proyecto FDI. INFOR-CORFO. Santiago 150 p.

INFOR, 1999. Incorporación de especies del género *Acacia* a la producción forestal chilena. Informe de avance. INFOR - CORFO. Concepción. 126 p.

Kannegiesser, U., 1990. Apuntes sobre algunas acacias australianas: 1. *Acacia mearnsii* De Willd. Ciencia e Investigación Forestal, 4 (2):198-212.

Pinilla, J. C., 2000. Descripción y antecedentes básicos sobre *Acacia dealbata*, *A. melanoxylon* y *A. mearnsii*. Informe Técnico N°147. INFOR-CORFO. 49p.

Pinilla, J. C. y Gutiérrez, B., 2000. Reporte de la Visita a EMBRAPA, Universidades y Empresas de Brasil. Documento de Proyecto FDI Incorporación De Especies Del Género *Acacia* A La Producción Forestal Chilena. Concepción, Octubre 2000. 48p.

Pinilla, J. C.; Molina M. P. y Gutiérrez, B., 2004. *Acacia* en el Desarrollo Forestal Productivo de Chile: Avances De Investigación. En: Actas Seminario Diversificación Forestal: Nuevas opciones, Nuevos productos, Nuevos mercados. INFOR. Villarrica, Chile. 13-15 Octubre 2004

Pinilla, J. C.; Molina, M. P.; Hernández, G.; Barros, S.; Ortiz, O. y Navarrete, M., 2011. Avances de la investigación con especies del género *Acacia* en Chile. Informe Técnico N°179. Instituto Forestal, Sede Bio Bio, Chile.

NAS, 1980. Firewood crops. Shrubs and tree species for energy production. Vol. 1. National Academy of Sciences. Washington D.C. National Academy Press. 237 p.

Searle, S. D., 2000. Black Wattle (*Acacia mearnsii*) for farm forestry. Department of Natural Resource and Environment. Victoria. 18p.

Turnbull, J. W., 1986. Multipurpose Australian trees and shrubs. Lesser known species for fuelwood and agroforestry: ACIAR Monograph Num. 1, 316 p.

Acacia saligna EN CHILE: SEMILLAS CON POTENCIAL ALIMENTARIO FUNCIONAL. Patricio Rojas V. Instituto Forestal. parojas@infor.cl, Paula Jimenez y Vilma Quitral. vquitral@med.uchile.cl. Universidad de Chile Facultad de Medicina. Departamento de Nutrición.

RESUMEN

Se entrega antecedentes sobre el recurso existente de *Acacia saligna* en la Región de Coquimbo en Chile, su adaptación fisiológica y la experiencia histórica en el manejo silvícola para la producción de forraje para ovinos y caprinos.

Se proporciona también información reciente sobre nuevas investigaciones del potencial alimentario para la producción de harinas a través del procesamiento de sus semillas basado en la experiencia del *Wattle Seed* en Australia como innovación tecnológica.

Esta investigación es parte del proyecto Harinas Funcionales de *Acacia saligna* financiado por la Fundación para la Innovación Agraria (FIA).

Palabras claves: *Acacia saligna*, semillas, forraje, alimentos, harinas.

SUMMARY

Background on the existing resource of *Acacia saligna* in the Region of Coquimbo in Chile and physiological adaptation and experience in forestry management for forage production mainly for sheep and goats are provided.

Latest information on new research in the food production potential of flour by seed processing is based on Australia Wattle Seed industry is reviewed.

This research is part of the project Functional Flours of *Acacia saligna* Seeds granted by the Fundación para la Innovación Agraria (FIA).

Palabras claves: *Acacia saligna*, forage, food, wattleseeds, functional foods, flours.

INTRODUCCIÓN

Acacia saligna es una especie que en Chile se usa principalmente en la zona semiárida, particularmente en la Región de Coquimbo, donde se ha promovido la forestación con el objetivo de recuperar suelos degradados, producir forraje para el ganado y leña y controlar erosión (Perret y Mora 2001).



31° 37' 38" LS. 71° 33' 03" Longitud Oeste. 23 msnm
(Fotos: P. Rojas)

Figura N° 1
PLANTACIONES Y TRABAJOS DE CONTROL DE DUNAS EN PREDIO HUENTELAUQUÉN
PROVINCIA DEL CHOAPA, REGIÓN DE COQUIMBO

Las plantaciones se extendieron en la zona semiárida como consecuencia del Decreto Ley 701 que promulgó el Estado de Chile en 1974 y que proporcionó incentivos estatales de hasta el 75% el costo total de establecimiento de las plantaciones forestales hasta el año 2012 y cuya extensión está en estudio.

En la actualidad se estima que la superficie plantada con la especie en la Región de Coquimbo es de 7.500 ha (Gonzalez, 2014).

La mencionada ley tuvo por objeto regular la actividad forestal en suelos de aptitud preferentemente forestal y en suelos degradados e incentivar la forestación, en especial por parte de pequeños propietarios forestales.

Acacia saligna es una especie exótica en Chile, originaria de la zona semiárida de Australia (*Wheat belt*), apropiada para condiciones de sequía por sus mecanismos de adaptación fisiológicos; forma y distribución de los estomas y un profundo sistema radicular que le permiten acceder a acuíferos del subsuelo y soportar prolongados períodos secos.

Es una especie leguminosa pionera en la sucesión vegetal, que fija nitrógeno atmosférico mejorando las propiedades físicas y químicas de los suelos y su fertilidad, lo que puede facilitar la posterior reforestación con especies nativas.

Este recurso forestal representa un potencial alimentario importante ya que sus semillas podrían ser cosechadas y procesadas para la producción de harinas con características funcionales y nutracéuticas según experiencias de *Wattle Seed* en Australia y otras experiencias desarrolladas por *World Vision* en Etiopía (Yates, 2014).

EL RECURSO FORESTAL

Acacia saligna es extremadamente polimórfica en características fenotípicas, como hojas, corteza y hábito de crecimiento, y también en atributos ecológicos y biológicos. Es una especie endémica del suroeste de Australia donde ocurre naturalmente en zonas con precipitaciones anuales entre 250 a 1.200 mm.

La investigación taxonómica indica que la variación polimórfica de *A. saligna* se ajusta a cuatro sub especies referidas en Mc Donald *et al.* (2007) y en otras publicaciones:

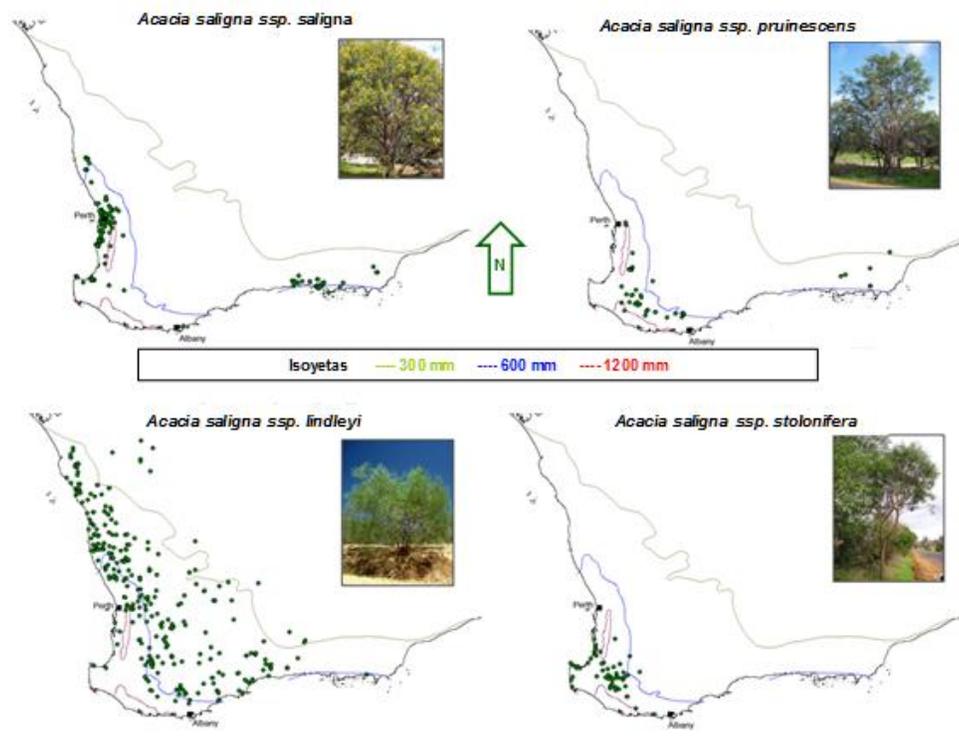
Acacia saligna ssp. saligna como la variedad "cyanophylla"

Acacia saligna ssp. pruinescens como la variedad "Tweed River"

Acacia saligna ssp. lindleyi como la variedad "típica"

Acacia saligna ssp. stolonifera como la variedad "forestal".

La variación intraespecífica y los hábitos de crecimiento asociados a las subespecies se pueden apreciar en la Figura N° 2.



(Fuente: Adaptado de Maslim, 2011)

Figura N° 2
DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA NATURAL DE LAS SUBESPECIES DE *Acacia saligna*
EN WESTERN AUSTRALIA

Esta clasificación taxonómica, que radica en las características morfológicas y el hábito de crecimiento de las subespecies, resulta de interés para la posible domesticación de la especie y su utilización productiva, desde el punto de vista de la selección de las mejores subespecies y procedencias y su mejoramiento genético posterior para un fin productivo específico.

Por ejemplo, aquellas subespecies que tienen como mecanismo de propagación vegetativa la multiplicación por estolones presentan desventajas para la producción de biomasa, por la generación de múltiples vástagos, sin embargo son altamente deseables si el objetivo de producción fuera el forraje para los animales ya que permitirían aumentar la biomasa accesible.

Las observaciones de campo muestran que la subespecie *Acacia saligna* ssp. *pruinescens* tienen baja ocurrencia de propagación por estolones, en cambio esta característica es muy común en la subespecie *Acacia saligna* ssp. *stolonifera*.



(Fuente: Adaptado de Maslim, 2011)

Figura N° 3
DIFERENCIACIÓN DE YEMAS FLORALES, RACIMOS JUVENILES Y FLORES EN ÁNTESIS
EN *A. saligna* ssp. *saligna*

EL RECURSO FORRAJERO

Acacia saligna es considerada una especie de rápido crecimiento, alcanza 8 m de altura 4 a 5 años después de la plantación en sitios con escasas limitantes. En ensayos de secano en el norte de Chile se han observado incrementos anuales en altura entre 30 - 71 cm.

Su crecimiento es menor en condiciones de sequía prolongada, por lo tanto su producción es variable alcanzando entre 1,5 a 10 m³/ha, según las condiciones de sitio, en rotaciones de 5 a 10 años y manejo de monte bajo.

Los objetivos de producción de *Acacia saligna* son esencialmente como alimento suplementario o de emergencia para el ganado en períodos prolongados de sequía, sombra para los animales y protección y estabilización de suelos degradados.

Sin embargo, existen grandes variaciones en el valor nutricional de esta especie leguminosa, debido probablemente a su variabilidad genética y al desconocimiento de la subespecie presente en las plantaciones en Chile (O'Sullivan¹³, Comunicación Personal, 2005).

La densidad de plantación recomendada para el sistema silvopastoral es de 4 x 3 m (833 árb/ha). Mientras mayor es la distancia entre hileras, mayor es la producción de pastos perennes, hierbas y cultivos.

¹³ Wayne O'Sullivan: Western Australia Government Department

Usualmente son posibles distancias entre hileras de 6 a 10 m, en el primer caso hay una mayor proporción de forraje arbustivo entre las filas de Acacia y en el segundo la proporción de forraje es mayor entre las hileras de Acacia.

En la silvicultura tradicional las podas están destinadas fundamentalmente a la producción de madera de alta calidad, en las zonas áridas estas tienen como propósito adaptar la arquitectura de árboles o arbustos a las necesidades impuestas por los objetivos propios de la producción de forraje para el ganado.

La incorporación de tratamientos silviculturales como podas y raleos mejora la productividad del cultivo. Un control de crecimiento en altura, a través de cortes de formación arbustiva, aumenta la disponibilidad de forraje para el pastoreo de animales.

El manejo del cultivo con fines forrajeros puede llevarse a cabo por talaje directo o por cosecha del follaje, manejándose con un tocón de 25 a 50 cm luego del tercer año, o como desmoche cuando han alcanzado los dos metros de altura.

La intervención debe ser realizada en la época previa al crecimiento estival (Serra 1997). Bratti (1996) concluyó que los árboles cortados a 50 cm de altura se diferenciaron significativamente en cuanto a vigor y crecimiento de otras alturas de corte realizadas.

El follaje fresco es palatable para los animales y puede ser usado como suplemento alimenticio para la ganadería (ovejas y cabras) conteniendo hasta un 21% de proteína cruda en su peso seco.

Serra (1997) menciona que contiene entre 10-19% de proteína en su peso seco, 24-27% de fibra cruda y 20-26,48% de materia orgánica digestible *in vitro*.

Plantaciones establecidas por INFOR en el secano interior de la Provincia de Choapa mostraron que la producción de forraje puede alcanzar un valor entre 0,8 y 2,2 t MS/ha de forraje seco a los 3 a 4 años después de la plantación (Perret y Mora 2001).

EL POTENCIAL ALIMENTARIO DE LAS SEMILLAS

Existen antecedentes que las semillas de algunas especies del género *Acacia* son procesadas en la industria del *bushfood* en Australia como alimentos funcionales, ya que tienen además de alto contenido de proteínas, un bajo índice glucémico por lo cual son usadas como agentes saborizantes en confitería, salsas y helados y en harinas para panes, pastas y biscochos (Yates, 2014).

El índice glucémico o índice glicémico (IG) es una medida para cuantificar la respuesta glucémica de un alimento que contiene la misma cantidad de carbohidratos que un alimento de referencia. Este sistema permite comparar la "calidad" de los distintos carbohidratos contenidos en alimentos individuales, y proporciona un índice numérico basado en medidas de la glucemia después de su ingestión (el llamado índice glucémico postprandial).

Estos alimentos funcionales con semillas de Acacia corresponden a un nicho pequeño del mercado alimentario con demandas de semillas menores a 10 t/año y precios de las semillas entre AU\$ 30 – 100 /kg (Yates, 2014).



(Fuente: Yates, 2014)

Figura N° 4
PRODUCTOS ALIMENTARIOS CON SEMILLAS DE ACACIA INDUSTRIA WATTLE SEED AUSTRALIA

Se estima que en la Región de Coquimbo con una superficie de plantaciones en edad de cosecha estimada en 6.787 ha y con un rendimiento promedio de 15 Kg de semillas limpias por hectárea existiría una oferta disponible de 102 t de semillas para la industria alimentaria.

Análisis proximales desarrollados con muestras de cinco predios de la Región de Coquimbo confirman el alto valor proteico de las semillas (Quitral, 2012). En el Cuadro N° 1 se indica la composición química de semillas de acacia tostadas (200°C por 10 minutos).

Como se observa, el contenido proteico es alto y muy similar entre las muestras. El contenido de materia grasa varía desde 17,9 a 20,0 g/100g y es mayor a los valores reportados por Ee & Yates (2013) en semillas de acacia, también tostadas bajo las mismas condiciones, en Australia.

Cuadro N° 1
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE SEMILLAS DE ACACIA

| Muestras | Humedad | Materia Grasa | Proteínas | Fibra Dietética Total | FDS | FDI | Hidratos de Carbono disponibles |
|-----------------|---------------|----------------|----------------|-----------------------|---------------|----------------|---------------------------------|
| | (g/100g) | | | | | | |
| El Tanque | 1,9 ± 0,05 | 20,0 ± 0,40 | 27,5 ± 0,35 | 12,4 | 3,6 ± 0,12 | 8,8 ± 0,91 | 32,4 |
| Dunas de Huento | 2,4 ± 0,10 | 19,1 ± 0,36 | 28,2 ± 0,64 | 15,2 | 4,8 ± 0,10 | 10,4 ± 1,23 | 29,2 |
| Caracas | 2,2 ± 0,00 | 17,9 ± 0,25 | 28,9 ± 0,28 | 16,6 | 5,2 ± 0,23 | 11,4 ± 0,74 | 28,5 |
| Mincha Sur | 1,4 ± 0,15 | 19,6 ± 0,80 | 26,6 ± 0,78 | 17,5 | 4,9 ± 0,14 | 12,6 ± 0,67 | 29,7 |
| Huentelauquen | 1,7 ± 0,14 | 19,3 ± 0,16 | 31,5 ± 0,85 | 14,9 | 4,2 ± 0,12 | 10,7 ± 1,12 | 26,1 |

El contenido de fibra dietética es alto, superando a semillas de sésamo, girasol y centeno. La fibra dietética es muy importante desde el punto de vista de la salud, ya que dentro de sus propiedades se encuentra la reducción del tiempo de tránsito intestinal e incremento de la defecación, reducción de los niveles sanguíneos de colesterol total y niveles posprandiales de glucosa y/o insulina en la sangre, además es fermentable por la microflora del colon. (Codex Alimentarius Commission, 2008).

Los análisis de la composición química de las semillas de acacia confirman su alto valor proteico y también sus componentes de fibra, características que las hacen recomendables para su uso en panificación junto a otras harinas.

REFERENCIAS

Bratti, J. M., 1996. Efecto de la Altura de Corte en el Rebrote de *Acacia saligna* (Labill.) Wendl. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, Santiago, Chile, 61p.

Codex Alimentarius Commission. 2008. Report of the 30th Session of the Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses (CNFSDU and WHO/FAO). ALINORM 09/32/26. 27-54. p. 49 and appendix II.

Ee & Yates, 2013. Nutritional and antinutritional evaluation of raw and processed Australian wattle (*Acacia saligna*) seeds. Food Chemistry Jan 1, 138(2-8): 762-9.

Gonzalez, P., 2014. Proyecto FIA PYT-2013-0010. Productos Alimentarios Funcionales con semillas de *Acacia saligna*. Informe Técnico N°2, Santiago, Chile, 17 p.

Maslin, B. R., 2011. Understanding *Acacia saligna*. Edible Wattle Seeds of Southern Australia. CSIRO. Wattle we eat for dinner. Proceedings of Workshop on Australian Acacias for Food Security. Alice Spring, Australia, 9 p.

Mc Donald, M., Mazanec, R., Bartle, B. and Maslin, B., 2007. Improved Prospects for the Domestication of *Acacia saligna* in the Region of Coquimbo, Chile. En : Ciencia e Investigación Forestal. Número Extraordinario

Perret, S. y Mora, F., 2001. *Acacia saligna*, Leguminosa Arbórea de Uso Múltiple para las Zonas Áridas y Semiáridas de Chile. INFOR, Santiago, Chile, 14p.

Quitral, V., 2012. Análisis Proximales Desarrollados con Muestras de Semillas de *Acacia saligna* de Cinco Predios de la Región de Coquimbo. Facultad de Medicina, Departamento de Nutrición, Universidad de Chile. Proyecto FIA PYT-2013-0010. Productos Alimentarios Funcionales con semillas de *Acacia saligna*. Informe Técnico N°2, Santiago, Chile, 17 p.

Serra, María Teresa, 1997. Especies arbóreas y arbustivas para las zonas áridas y semiáridas de América Latina. En: FAO Serie Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina N°12, Santiago, Chile, 347 p.

Yates, P., 2014. Chile Visit Report. Proyecto FIA PYT-2013-0010. Productos Alimentarios Funcionales con Semillas de *Acacia saligna*. Informe Técnico N°2, Santiago, Chile, 25 p.

REGLAMENTO DE PUBLICACION

CIENCIA E INVESTIGACION FORESTAL es una publicación técnica, científica, arbitrada y seriada, del Instituto Forestal de Chile, en la que se publica trabajos originales e inéditos, con resultados de investigaciones o avances de estas, realizados por sus propios investigadores y por profesionales del sector, del país o del extranjero, que estén interesados en difundir sus experiencias en áreas relativas a las múltiples funciones de los bosques, en los aspectos económicos, sociales y ambientales. Se acepta también trabajos que han sido presentados en forma resumida en congresos o seminarios. Consta de un volumen por año, el que a partir del año 2007 está compuesto por tres números (abril, agosto y diciembre) y ocasionalmente números especiales.

La publicación cuenta con un Consejo Editor institucional que revisa en primera instancia los trabajos presentados y está facultado para aceptarlos, rechazarlos o solicitar modificaciones a los autores. Dispone además de un selecto grupo de profesionales externos y de diversos países, de variadas especialidades, que conforma el Comité Editor. De acuerdo al tema de cada trabajo, estos son enviados por el Editor a al menos dos miembros del Comité Editor para su calificación especializada. Los autores no son informados sobre quienes arbitran los trabajos.

La revista consta de dos secciones; Artículos Técnicos y Apuntes, puede incluir además artículos de actualidad sectorial en temas seleccionados por el Consejo Editor o el Editor.

- **Artículos:** Trabajos que contribuyen a ampliar el conocimiento científico o tecnológico, como resultado de investigaciones que han seguido un método científico.
- **Apuntes:** Comentarios o análisis de temas particulares, que presenten enfoques metodológicos novedosos, representen avances de investigación, informen sobre reuniones técnicas o programas de trabajo y otras actividades de interés dentro del sector forestal o de disciplinas relacionadas. Los apuntes pueden ser también notas bibliográficas que informan sobre publicaciones recientes, en el país o en el exterior, comentando su contenido e interés para el sector, en términos de desarrollo científico y tecnológico o como información básica para la planificación y toma de decisiones.

ESTRUCTURA DE LOS TRABAJOS

Artículos

Los trabajos presentados para esta sección deberán contener Resumen, *Summary*, Introducción, Objetivos, Material y Método, Resultados, Discusión y Conclusiones, Reconocimientos (optativo) y Referencias. En casos muy justificados Apéndices y Anexos.

Título: El título del trabajo debe ser representativo del efectivo contenido del artículo y debe ser construido con el mínimo de palabras.

Resumen: Breve descripción de los objetivos, de la metodología y de los principales resultados y conclusiones. Su extensión máxima es de una página y al final debe incluir al menos tres palabras clave que faciliten la clasificación bibliográfica del artículo. No debe incluir referencias, cuadros ni figuras. Bajo el título se identificará a los autores y a pie de página su institución y dirección. El **Summary** es evidentemente la versión en inglés del Resumen.

Introducción: Como lo dice el título, este punto está destinado a introducir el tema, describir lo que se quiere resolver o aquello en lo que se necesita avanzar en materia de información, proporcionar antecedentes generales necesarios para el desarrollo o

compresión del trabajo, revisar información bibliográfica y avances previos, situar el trabajo dentro de un programa más amplio si es el caso, y otros aspectos pertinentes. Los Antecedentes Generales y la Revisión de Bibliografía pueden en ciertos casos requerir especial atención y mayor extensión, si así fuese, en forma excepcional puede ser reducida la Introducción a lo esencial e incluir estos puntos separadamente.

Objetivos: Breve enunciado de los fines generales del artículo o de la línea de investigación a que corresponda y definición de los objetivos específicos del artículo en particular.

Material y Método: Descripción clara de la metodología aplicada y, cuando corresponda, de los materiales empleados en las investigaciones o estudios que dan origen al trabajo. Si la metodología no es original se deberá citar claramente la fuente de información. Este punto puede incluir Cuadros y Figuras, siempre y cuando su información no resulte repetida con la entregada en texto.

Resultados: Punto reservado para todos los resultados obtenidos, estadísticamente respaldados cuando corresponda, y asociados directamente a los objetivos específicos antes enunciados. Puede incluir Cuadros y Figuras indispensables para la presentación de los resultados o para facilitar su comprensión, igual requisito deben cumplir los comentarios que aquí se pueda incluir.

Discusión y Conclusiones: Análisis e interpretación de los resultados obtenidos, sus limitaciones y su posible trascendencia. Relación con la bibliografía revisada y citada. Las conclusiones destacan lo más valioso de los resultados y pueden plantear necesidades consecuentes de mayor investigación o estudio o la continuación lógica de la línea de trabajo.

Reconocimientos: Punto optativo, donde el autor si lo considera necesario puede dar los créditos correspondientes a instituciones o personas que han colaborado en el desarrollo del trabajo o en su financiamiento. Obviamente se trata de un punto de muy reducida extensión.

Referencias: Identificación de todas las fuentes citadas en el documento, no debe incluir referencias que no han sido citadas en texto y deben aparecer todas aquellas citadas en éste.

Apéndices y Anexos: Deben ser incluidos solo si son indispensables para la comprensión del trabajo y su incorporación se justifica para reducir el texto. Es preciso recordar que los Apéndices contienen información o trabajo original del autor, en tanto que los Anexos contienen información complementaria que no es de elaboración propia.

Apuntes

Los trabajos presentados para esta sección tienen en principio la misma estructura descrita para los artículos, pero en este caso, según el tema, grado de avance de la investigación o actividad que los motiva, se puede adoptar una estructura más simple, obviando los puntos que resulten innecesarios.

PRESENTACION DE LOS TRABAJOS

La Revista acepta trabajos en español y ocasionalmente en inglés o portugués, redactadas en lenguaje universal, que pueda ser entendido no solo por especialistas, de modo de cumplir su objetivo de transferencia de conocimientos y difusión al sector forestal en general. No se acepta redacción en primera persona.

Formato tamaño carta (21,6 x 27,9 cm), márgenes 2,5 cm en todas direcciones, interlineado sencillo y un espacio libre entre párrafos. Letra Arial 10. Un tab (8 espacios) al inicio de

cada párrafo. No numerar páginas. Justificación ambos lados. Extensión máxima trabajos 25 carillas para artículos y 15 para Apuntes. Usar formato abierto, no formatos predefinidos de Word que dificultan la edición.

Primera página incluye título en mayúsculas, negrita, centrado, letra Arial 10, una línea, eventualmente dos como máximo. Dos espacios bajo éste: Autor (es), minúsculas, letra 10 y llamado a pie de página indicando Institución, país y correo electrónico en letra Arial 8. Dos espacios más abajo el Resumen y, si el espacio resulta suficiente, el *Summary*. Si no lo es, página siguiente igual que anterior, el *Summary*.

En el caso de los Apuntes, en su primera página arriba tendrán el título del trabajo en mayúscula, negrita, letra 10 y autor (es), institución, país y correo, letra 10, normal minúsculas, bajo una línea horizontal, justificado a ambos lados, y bajo esto otra línea horizontal. Ej:

EL MANEJO FORESTAL SOSTENIBLE COMO MOTOR DE EMPRENDIMIENTO DEL MUNDO RURAL: LA EXPERIENCIA EN CHILE. Víctor Vargas Rojas. Instituto Forestal. Ingeniero Forestal. Mg. Economía de Recursos Naturales y del Medio Ambiente. vvargas@infor.cl

Título puntos principales (Resumen, *Summary*, Introducción, Objetivos, etc) en mayúsculas, negrita, letra 10, margen izquierdo. Solo para Introducción usar página nueva, resto puntos principales seguidos, separando con dos espacios antes y uno después de cada uno. Títulos secundarios en negrita, minúsculas, margen izquierdo. Títulos de tercer orden minúsculas margen izquierdo.

Si fuesen necesarios títulos de cuarto orden, usar minúsculas, un tab (7 espacios) y anteponer un guion y un espacio. Entre sub títulos y párrafos precedente y siguiente un espacio libre. En sub títulos con más de una palabra usar primera letra de palabras principales en mayúsculas. No numerar puntos principales ni sub títulos.

Nombres de especies vegetales o animales: Vulgar o vernáculo en minúsculas toda la palabra, seguido de nombre en latín o científico entre paréntesis la primera vez que es mencionada la especie en el texto, en cursiva (no negrita), minúsculas y primera letra del género en mayúsculas. Ej. pino o pino radiata (*Pinus radiata*).

Citas de referencias bibliográficas: Sistema Autor, año. Ejemplo en citas en texto; De acuerdo a Rodríguez (1995) el comportamiento de..., o el comportamiento de... (Rodríguez, 1995). Si son dos autores; De acuerdo a Prado y Barros (1990) el comportamiento de ..., o el comportamiento de ... (Prado y Barros, 1990). Si son más de dos autores; De acuerdo a Mendoza *et al.* (1990), o el comportamiento ... (Mendoza *et al.*, 1990).

En el punto Referencias deben aparecer en orden alfabético por la inicial del apellido del primer autor, letra 8, todas las referencias citadas en texto y solo estas. En este punto la identificación de la referencia debe ser completa: Autor (es), año. En negrita, minúsculas, primeras letras de palabras en mayúsculas y todos los autores en el orden que aparecen en la publicación, aquí no se usa *et al.* A continuación, en minúscula y letra 8, primeras letras de palabras principales en mayúscula, título completo y exacto de la publicación, incluyendo institución, editorial y otras informaciones cuando corresponda. Margen izquierdo con justificación ambos lados. Ejemplo:

En texto: (Yudelevich *et al.*, 1967) o Yudelevich *et al.* (1967) señalaron ...

En referencias:

Yudelevich, Moisés; Brown, Charles y Elgueta, Hernán, 1967. Clasificación Preliminar del Bosque Nativo de Chile. Instituto Forestal. Informe Técnico N° 27. Santiago, Chile.

Expresiones en Latín, como *et al.*; *a priori* y otras, así como palabras en otros idiomas como *stock*, *marketing*, *cluster*, *stakeholders*, *commodity* y otras, que son de frecuente uso, deben

ser escritas en letra cursiva.

Cuadros y Figuras: Numeración correlativa: No deben repetir información dada en texto. Solo se acepta cuadros y figuras, no así tablas, gráficos, fotos u otras denominaciones. Toda forma tabulada de mostrar información se presentará como cuadro y al hacer mención en texto (Cuadro Nº 1). Gráficos, fotos y similares serán presentadas como figuras y al ser mencionadas en texto (Figura Nº 1). En ambos casos aparecerán enmarcados en línea simple y centrados en la página. En lo posible su contenido escrito, si lo hay, debe ser equivalente a la letra Arial 10 u 8 y el tamaño del cuadro o figura proporcionado al tamaño de la página.

Cuadros deben ser titulados como Cuadro Nº, minúsculas, letra 8, negrita centrado en la parte superior de estos, debajo en mayúsculas, negritas letra 8 y centrado el título (una línea en lo posible). Las figuras en tanto serán tituladas como Figura Nº, minúscula, letra 8, negrita, centrado, en la parte inferior de estas, y debajo en mayúsculas, letra 8, negrita, centrado, el título (una línea en lo posible). Si la diagramación y espacios lo requieren es posible recurrir a letra Arial *narrow*. Cuando la información proporcionada por estos medios no es original, bajo el marco debe aparecer entre paréntesis y letra 8 la fuente o cita que aparecerá también en referencias. Si hay símbolos u otros elementos que requieren explicación, se puede proceder de igual forma que con la fuente.

Se aceptan fotos en blanco y negro y en colores, siempre que reúnan las características de calidad y resolución que permitan su uso.

Abreviaturas, magnitudes y unidades deben estar atenuadas a la Norma NCh 30 del Instituto Nacional de Normalización (INN). Se empleará en todo caso el sistema métrico decimal. Al respecto es conveniente recordar que la unidades se abrevian en minúsculas, sin punto, con la excepción de litro (L) y de aquellas que provienen de apellidos de personas como grados Celsius (°C). Algunas unidades de uso muy frecuente: metro, que debe ser abreviado **m**, metro cúbico **m³**, metro ruma **mr**; o hectáreas **ha**.

Llamados a pie de página: Cuando estos son necesarios, serán numerados en forma correlativa y deben aparecer al pie en letra 8. No usar este recurso para citas bibliográficas, que deben aparecer como se indica en Referencias.

Archivos protegidos; "sólo lectura" o PDF serán rechazados de inmediato porque no es posible editarlos. La Revista se reserva el derecho de efectuar todas las modificaciones de carácter formal que el Comité Editor o el Editor estimen necesarias o convenientes, sin consulta al autor. Modificaciones en el contenido evidentemente son consultadas por el Editor al autor, si no hay acuerdo se recurre nuevamente al Consejo Editor o a los miembros del Comité Editor que han participado en el arbitraje o calificación del trabajo.

ENVIO DE TRABAJOS

Procedimiento electrónico. En general bastará enviar archivo Word, abierto al Editor (sbarros@infor.gob.cl). El autor deberá indicar si propone el trabajo para Artículo o Apunte y asegurarse de recibir confirmación de la recepción conforme del trabajo por parte del Editor.

Cuadros y figuras ubicadas en su lugar en el texto, no en forma separada. El Editor podrá en algunos casos solicitar al autor algún material complementario en lo referente a cuadros y figuras (archivos Excel, imágenes, figuras, fotos, por ejemplo).

Respecto del peso de los archivos, tener presente que hasta 5 Mb es un límite razonable para los adjuntos por correo electrónico. No olvidar que las imágenes son pesadas, por lo que siempre al ser pegadas en texto Word es conveniente recurrir al pegado de imágenes como JPEG o de planillas Excel como Metarchivo Mejorado.

En un plazo de 30 días desde la recepción de un trabajo el Editor informará al autor principal sobre su aceptación (o rechazo) en primera instancia e indicará (condicionado al arbitraje

del Comité Editor) el Volumen y Número en que el trabajo sería incluido. Posteriormente enviará a Comité Editor y en un plazo no mayor a 3 meses estará sancionada la situación del trabajo propuesto. Si se mantiene la información dada por el Editor originalmente y no hay observaciones de fondo por parte del Comité Editor, el trabajo es aceptado como fue propuesto (Artículo o Apunte), editado y pasa a publicación cuando y como se informó al inicio. Si no es así, el autor principal será informado sobre cualquier objeción, observación o variación, en un plazo total no superior a 4 meses.

CIENCIA E INVESTIGACIÓN FORESTAL

| ARTICULOS | PÁGINAS |
|---|---------|
| ESTUDIO DE PRODUCTOS FORESTALES NO MADEREROS (PFNM) EN LA REGIÓN DE AISEN, CHILE. Salinas, J.; Moya I. y Gómez, C. Chile | 7 |
| DESARROLLO MORFOGÉNICO EN MICROPROPAGACIÓN DE SEMILLAS DE <i>Eucalyptus nitens</i> MEJORADAS GENETICAMENTE. Obando, Maritza; Matamala, Felipe y Carmona, Juan Carlos. Chile. | 29 |
| RESPUESTA DIFERENCIAL DE DOS ESPECIES DE EUCALIPTO A LA ACLIMATACIÓN POR K Y RIEGO EN VIVERO. Garau, Ana; Guarnaschelli, Ana y Lemcoff, Jorge. Argentina. | 39 |
| ESTABLECIMIENTO DE UNA RED EXPERIMENTAL PARA EL ESTUDIO DEL CRECIMIENTO Y LA PRODUCCIÓN DE <i>Eucalyptus globulus</i> LABILL. EN EL NO DE ESPAÑA. METODOLOGÍA Y PRIMEROS RESULTADOS. García-Villabrille, Juan Daniel; Pérez-Cruzado, César; Crecente-Campo, Felipe; Rodríguez-Soalleiro, Roque; Diéguez-Aranda, Ulises y Rojo-Alboreca, Alberto. España. | 55 |
| ANTECEDENTES DEL CRECIMIENTO DE <i>Acacia mearnsii</i> De Wild SEGÚN DISTINTAS DENSIDADES INICIALES PARA DOS SITIOS EN LA REGIÓN DEL BIO BIO. Pinilla, Juan Carlos y Navarrete, Mauricio. Chile. | 71 |
| APUNTES | |
| <i>Acacia saligna</i> EN CHILE: SEMILLAS CON POTENCIAL ALIMENTARIO FUNCIONAL. Rojas, Patricio; Jimenez, Paula y Quitral, Vilma. Chile. | 93 |
| REGLAMENTO DE PUBLICACIÓN | 101 |

