



Universidad de Valladolid

INGENIERIA DE MONTES

TESIS DOCTORAL:

**Caracterización de la madera del nuevo híbrido
Eucalyptus grandis, Hill ex Maiden x *Eucalyptus
tereticornis*, Smith, su aptitud de usos en
Argentina**

Presentada por Martín Miguel Sánchez Acosta

Para optar al grado de

Doctor por la Universidad de Valladolid

Dirigida por:

Luis Acuña Rello, Modesto Rafael Diez Barra y

Juan Carlos Piter

.. 2012 ..

Contenido

1. *Resumen y palabras claves*
2. *Introducción y antecedentes*
 - 2.1. *Situación de los bosques nativos*
 - 2.2. *Las situaciones adversas - El cambio climático*
 - 2.3. *Las plantaciones forestales*
 - 2.4. *Las plantaciones como fuente de materia prima*
 - 2.5. *Aspectos de las plantaciones forestales*
 - 2.5.1. *Aspectos ambientales: Pro y contra de las plantaciones*
 - 2.5.2. *Desarrollo socio-económico*
 - 2.5.3. *Los productos forestales – carbono neutralidad - huella de carbono*
 - 2.6. *Mitigación de problemas: Las plantaciones de eucalipto*
 - 2.7. *Necesidad de ampliación de fronteras de las plantaciones*
 - 2.8. *La hibridación como solución a condiciones limitantes*
 - 2.8.1. *Creación genética del híbrido E. grandis x E tereticornis, su objetivo*
 - 2.8.2. *Antecedentes: crecimiento – tolerancia a factores adversos*
 - 2.8.3. *Antecedentes de su madera*
 - 2.8.4. *Posibilidades de sus aplicaciones y perspectivas de mercado - FSC*
 - 2.9. *Necesidad del conocimiento de la madera del nuevo híbrido*
3. *Hipótesis de trabajo – Objetivos*
4. *Materiales y métodos*
5. *Estudios de la madera de E. grandis x E. tereticornis, comparación con otros eucaliptos*
 - 5.1. *Características anatómicas*
 - 5.2. *Características químico –celulósicas*
 - 5.3. *Características físico- mecánicas*
 - 5.4. *Características energéticas*
6. *Aptitud tecnológica de la madera*
7. *Consideraciones – conclusiones generales*
8. *Agradecimientos*
9. *Bibliografía*

1. Resumen

La reducción de la superficie de bosques nativos, la deforestación, y los problemas del cambio climático hacen que las plantaciones forestales se perfilen como una de las soluciones para mitigar estos problemas y abastecer de productos forestales a la población. Por ello el presente trabajo se refiere a la caracterización de la madera de un prometedor nuevo híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus tereticornis*, plantado en Entre Ríos, Argentina, el cual permitirá un mayor tolerancia a los eventos climáticos extremos, como los provocados por el cambio climático, mayor tolerancia a suelos de baja aptitud, lo que brindará la posibilidad de ampliación de la zona de plantación del *Eucalyptus grandis*, aportando al crecimiento de éste y la rusticidad y mayor densidad de la madera del *Eucalyptus tereticornis*.

Estos estudios se llevaron a cabo bajo la coordinación del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA, Estación Experimental Concordia, de Entre Ríos, Argentina, en distintos centros especializados. Los estudios contemplan las propiedades: anatómicas, químicas celulósicas, físico-mecánicas y energéticas, especificándose las normas empleadas y los centros de investigación donde fueron realizados.

En general, las propiedades resultan en valores intermedios entre sus progenitores, *E. grandis* y *E. tereticornis*, correspondiéndose con su densidad intermedia que fluctúa entre 600 y 700 kg/m³. Las aplicaciones de su madera serían similares al *E. grandis* aunque con ventaja para los destinos que requieran mayor densidad, y con desventajas cuando la mayor coloración o su mayor densidad sea un inconveniente, siendo importante destacar que por el vigor híbrido su crecimiento se acerca más al *E. grandis*, lo que abre un importante panorama de expansión hacia zonas marginales a esta especie, ampliando las fronteras hacia otras regiones, e incluso otras provincias y países.

En función de sus propiedades, y su aptitud a los procesos industriales al que hoy día se destina la madera de eucalipto en Argentina, se considera que es un híbrido apto para ser considerado en los planes de fomento de las plantaciones forestales del Gobierno, como así también en los futuros planes dendroenergéticos.

Palabras clave: *Híbrido Eucalyptus grandis x E. tereticornis, madera de eucalipto, propiedades anatómicas, físico-mecánicas, energéticas, celulósicas.*

2. Introducción y antecedentes

El presente estudio se genera en un contexto donde en Argentina se introduce un nuevo híbrido *Eucalyptus grandis x Eucalyptus tereticornis*, generado en África, y que se adaptaría mejor a los sitios menos fértiles y con mayores limitantes, particularmente a las zonas más secas, a las condiciones más extremas, como las acontecidas por el cambio climático, lo que permitiría ampliar las fronteras de las plantaciones actuales, como las del *Eucalyptus grandis*, especie que tiene mayores requerimientos.

Este híbrido en ensayos está demostrando buenas aptitudes de adaptación, tolerancia y crecimiento, por lo que se hace imperioso conocer las características de su madera y aptitud, para determinar si el Gobierno debe incluirlo o aceptarlo en sus planes de fomento a las plantaciones.

2.1. Situación de los bosques nativos

La situación de reducción (deforestación) y degradación cualitativa de los bosques nativos, es una preocupación internacional, que es motivo de seguimiento constante por parte de la FAO. De su último informe del año 2011, se desprende que los bosques nativos remanentes ocupan unos 4.000 millones de ha, siendo las plantaciones forestales tan sólo 264 millones de hectáreas. (FAO, 2011)

La situación de Sud y Centro América se caracteriza por la deforestación, a costa de la ampliación de las fronteras de la agricultura y la ganadería, y el empobrecimiento en calidad de estas masas boscosas en gran medida se debe a las extracciones selectivas de los mejores ejemplares por explotaciones forestales sin planes de manejo sostenible, y en ciertas ocasiones hasta de carácter ilegal. En 2010 cerca de la mitad de la región de América Latina y el Caribe estaba cubierta por bosques. La superficie forestal ha disminuido en América Central y América del Sur durante las últimas dos décadas debido, principalmente, a la conversión de tierras forestales a usos agrícolas. Aunque la superficie de bosques plantados es relativamente pequeña, ha aumentado un 3,2 % al año en la última década, (FAO, 2011).

Un 14 % aproximadamente del área de bosque total de la región fue designada principalmente para funciones productivas. La extracción de madera ha continuado aumentando, y la leña representa más de la mitad de las extracciones

Estas masas boscosas han sido desde siempre la fuente de materia prima para la elaboración de productos forestales, y fundamentalmente la base energética para las poblaciones rurales, como fuente de leña de consumo hogareño, para cocinar y calefactar, amén de otros usos menores.

La existencia de masas boscosas ha sido determinante para favorecer la radicación de la población rural, en especial por empleo de su madera como leña de consumo (la cual representa prácticamente el 50 % de las extracciones de madera a nivel mundial), y todos los productos, madereros y no madereros, que el bosque permite aprovechar sustentablemente. El deterioro y la desaparición del bosque ha sido frecuente motivo del éxodo de pobladores hacia las ciudades, los que en el caso de Sudamérica terminan poblando barrios marginales de las mismas, caracterizados por su pobreza.

2.2. Las situaciones adversas - El cambio climático

El cambio climático a nivel internacional es de tanta preocupación que ha generado la necesidad de crear protocolos y organizaciones para determinar sus causas, efectos y mitigaciones posibles, los cuales se encuentran en plenas deliberaciones, generando múltiples eventos como el caso de las reuniones cumbre COP (Conference of the Parties), y los informes de la IPCC (Intergovernmental Panel on climate change), entre otros. Las condiciones extremas que se están dando en los últimos tiempos, son atribuibles en gran parte al cambio climático, de acuerdo a los informes del IPCC. Estas modificaciones en las condiciones hacen que las forestaciones vayan a sufrir los efectos de estos cambios, y por otra parte se pronostica, según FAO, que estas mudanzas, también acarrearán problemas fitosanitarios, ocasionando la aparición de plagas y enfermedades en sitios donde no era habitual encontrarlas y por ende las forestaciones no estaban adaptadas a las mismas. Todo ello hace que el mejoramiento genético contemple en sus objetivos el obtener materiales más tolerantes a factores adversos y con mayor resistencia a plagas y enfermedades, empleando diversas herramientas biotecnológicas, entre ellas la hibridación.

Este problema del cambio climático desde el punto de vista forestal es de tal envergadura que la FAO en la última edición de la Situación mundial de los bosques edición de 2011, bajo el tema "*Cambiar las vías de acción y, así, las vidas: los bosques como múltiples vías hacia el desarrollo sostenible*", aborda tres asuntos centrales –las industrias forestales sostenibles, el cambio climático, y los medios de subsistencia locales para estimular el desarrollo en todos los ámbitos.

Tal como lo registra la estación Agroclimática de la Estación Agropecuaria INTA Concordia, en los últimos 40 años, y comparado con registros de más de 100 años, en esta región citada son cada vez más frecuentes, e intensas, las heladas y suelen tenerse condiciones climáticas más extremas, lo que podría ser atribuido al cambio climático, las cuales generan problemas en la implantación de los eucaliptos más sensibles, como el caso del *E. grandis*, (GARRAN, S. 2011)

El rol de los bosques nativos y las plantaciones forestales como mitigación del cambio climático, ha sido puesto de manifiesto por el Congreso Forestal Mundial CFM 2009, www.cfm2009.org y la FAO en la Situación Mundial de los Bosques 2011.

2.3. Las plantaciones forestales:

En este contexto las plantaciones forestales cumplen, y seguramente cumplirán un papel cada vez más importante, puesto que siendo sólo el 2 % de las masas boscosas, al año 2007, según FAO, ya habían pasado superar el 50 % del abastecimiento de las industrias forestales del planeta, esperando llegar al 60 % en el 2015 (SERRANO, O. 2007, SÁNCHEZ ACOSTA, M. 2007)

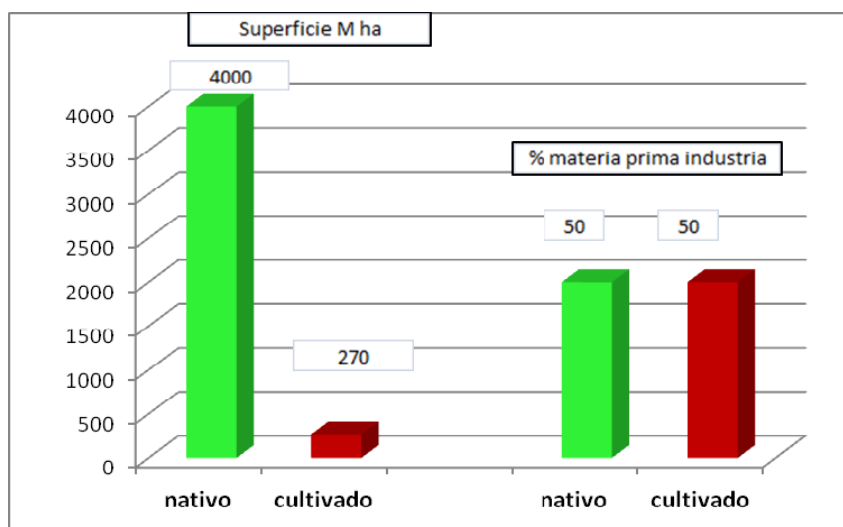


Figura 2.1. Bosques y procedencia del abastecimiento mundial de industrias forestales (FAO)

En este sentido debemos comentar que en los países del denominado “Cono Sur”, Argentina, Brasil, Uruguay y Chile, las industrias forestales de grandes consumos de madera, como la industria de la celulosa, los paneles reconstituidos, los tableros (fibra y partículas) y carbón de uso industrial (siderurgia), se abastecen prácticamente en su totalidad de madera proveniente de plantaciones (SANCHEZ ACOSTA, M. 2010).

Como medida de protección de los bosques, y procurando evitar el desarraigo rural de los pobladores de zonas forestales, actualmente en Chile y Argentina se está promoviendo disminuir el consumo de madera para leña rural proveniente de bosques nativos, siendo sustituida por leña proveniente de plantaciones forestales, como el caso del sistema Pro-leña de Chile, y un Plan forestal de la provincia de Misiones, que prevé la plantación de eucaliptos para llegar en el 2016 a reemplazar totalmente la leña de bosque nativo, manteniendo a la población rural. (INTA Novedades Forestales, 2011)

2.4. Las plantaciones como fuente de materia prima.

2.4.1. Los eucaliptos en Argentina

Argentina es un país emergente que cuenta con una variada posibilidad de generar diversos productos forestales. Tiene un fuerte mercado interno y un comercio internacional en distintos productos, donde la balanza comercial forestal es netamente deficitaria.

La actividad forestal del país se basó inicialmente en los bosques nativos. Dado que Entre Ríos no contaba, ni cuenta, con grandes existencias boscosas de este tipo, su desarrollo forestoindustrial se genera a partir de los cultivos forestales implantados, en la segunda mitad del siglo pasado.

Los bosques nativos de Argentina, que se estimaban en 100 millones de ha a principios del siglo pasado, actualmente son 32 millones de ha, de acuerdo a último inventario del 2006 SAGpyA. Estos han ido perdiendo no solo cantidad sino calidad de madera, quedando cada vez más distantes y contando con árboles de menor porte y calidad. Sumando a esto la oposición generalizada de corte de bosques nativos,

hizo que actualmente su corte sea muy escaso, y su destino sea prácticamente para algunas maderas aserradas y algunas láminas para tablero contrachapado, representando menos del 10 % de las extracciones anuales forestales con uso industrial (1 millón de m3). En tanto, las plantaciones forestales, con sólo 1,2 millones de ha, aportan el restante 90%, (9 millones de m3), lo cual se evidencia en la figura 2.2. En cuanto a las plantaciones forestales los eucaliptos ocupan el segundo lugar en superficie implantada, con un 32%, por detrás de los pinos y coníferas que representan el 42%, siendo que el resto corresponden a salicáceas y otras especies de menor escala.(SANCHEZ ACOSTA., M. 2010)

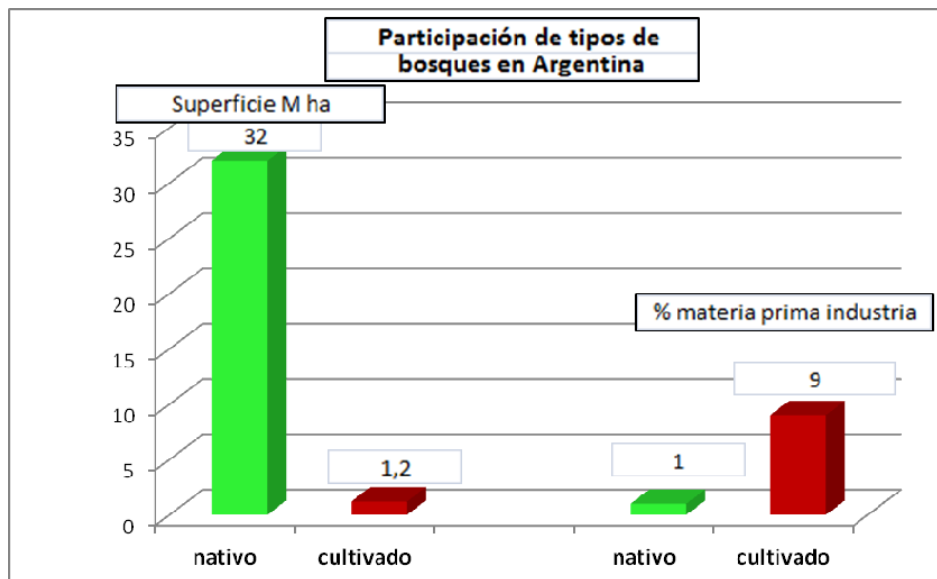


Fig.2.2. Bosques y procedencia del abastecimiento mundial de industrias forestales (SAGPyA)

Si bien la introducción del eucalipto en Argentina data de mediados del siglo XIX, por el entonces presidente Domingo Faustino Sarmiento, como una curiosidad botánica, las forestaciones con fines comerciales comienzan en la primera mitad del siglo XX. Este género comenzó a difundirse en un inicio con varias especies como, *E. viminalis*, *E. camaldulensis* y *E. tereticornis*, dado que por su mayor tolerancia aseguraban su implantación en la zona pampeana, aunque sus crecimientos no eran muy satisfactorios. Posteriormente comienzan plantaciones con *E. globulus*, y *E. maidenii*, en esta misma región, y ya en la segunda mitad del siglo XX adquiere gran importancia el *Eucalyptus grandis*, (mal denominado en muchos casos como *E. saligna*) en la región mesopotámica, siendo en la actualidad este género el que cuenta con más de 300.000 ha.

Para comprender el papel de las plantaciones forestales en Argentina debe remontarse a la situación del sector forestal a la mitad del siglo pasado, cuando a mediados de los 50' Argentina presentaba un déficit comercial en productos forestales, en particular madera aserrada y papeles.

En cuanto a madera aserrada se producían en Argentina 2 millones de m3, de ellos sólo un 16 % provenían de bosques cultivados, y se importaban alrededor de 0,8 millones de m3 (de Brasil principalmente). De papel se consumían alrededor de 120.000 toneladas de las cuales se elaboraban localmente solo 20.000 (menos del 20%). En 1956 las importaciones de madera, sobre todo de Brasil, superaban los 150 millones de dólares.

Surgen políticas de promoción de la actividad forestal, con origen en la ley 13.273 de 1948 “Ley de defensa de la riqueza forestal”. Los indicios de que la madera de “nativas” se reduciría indicaban que había que avanzar con los bosques cultivados en el país, en particular considerando las amplias superficies aptas disponibles. Desde el punto de vista de las especies plantadas, transcurrían a fines de los cincuenta tres corrientes: La del sauce y álamo (denominada “populicultura”) basada en pequeños productores del Delta con madera con destino a celulosa, papel y embalaje o envase. La del pino: que alcanzaba las 11.000 ha, de las cuales 8.000 se encontraban en Misiones), y en un estado inicial. Y la del eucalipto, originada en aproximadamente 1942, que ya en 1957 contaba con alrededor de 20.000 ha implantadas con criterio de masa forestal. Se encontraba por entonces en plena expansión. (VERA, L. 2009)

En cuanto a eucalipto ya se registraban plantaciones importantes en Entre Ríos aunque sea en modo incipiente y se menciona el caso de la compañía Pindapoy que había plantado 1.000 ha en Concordia y otras 500 ha en Misiones. Es así como, llegando a los años 90, el gobierno trata de ir paliando lo negativo de la balanza comercial, obteniendo incluso un superávit en los principios de los 2000. Pero seguidamente, en el comienzo de este siglo XXI nuevamente se tiene una balanza negativa, que en el 2010 llegó al orden de los 600 millones de dólares, tal como se observa en la figura 2.3. Es por ello que el país se encuentra abocado a remediar esta situación negativa, merced al fomento del crecimiento del sector forestoindustrial a partir de plantaciones, donde los eucaliptos tienen, y tendrán, un protagonismo importante, por ser el segundo género plantado en el país luego de los pinos. (SAGPyA, 2007 – MAGyP, 2011).

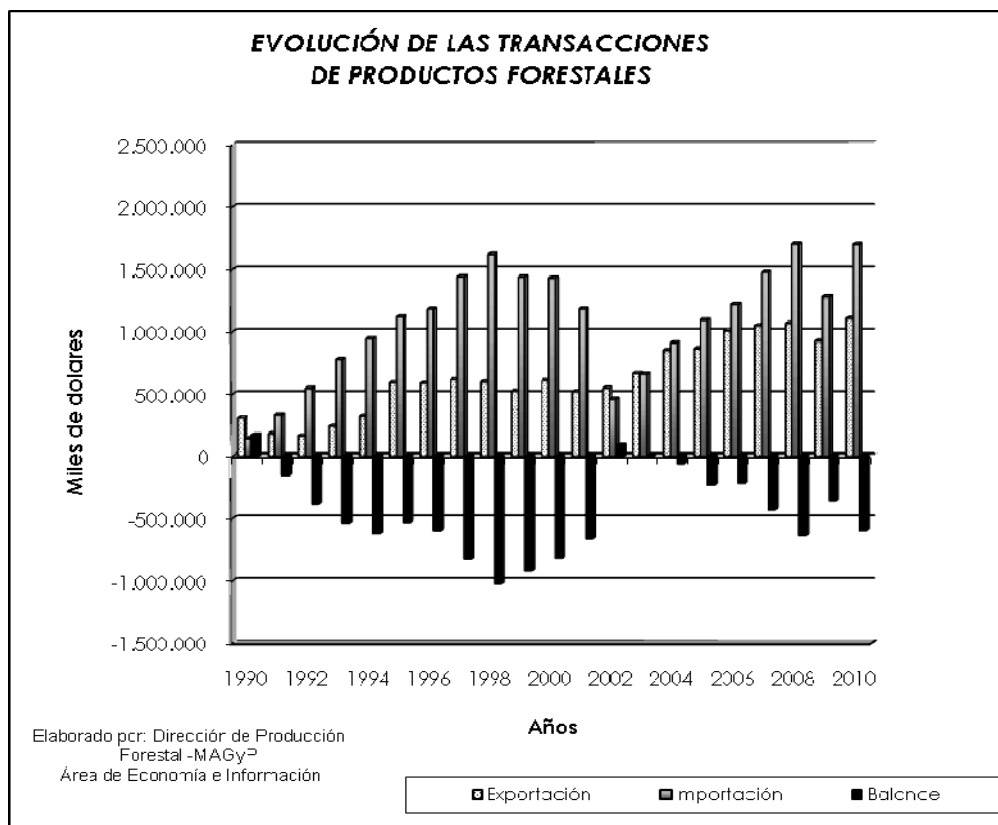


Fig. 2.3. Transacciones de productos forestales – balanza comercial. MAGyP, 2011.

2.4.2. Situación en Entre Ríos:

La actividad forestal en el nordeste de Entre Ríos, es relativamente reciente, sus comienzos datan de la década del cuarenta, y las primeras plantaciones comerciales se realizan en los cincuenta. El principal destino era abastecer la demanda de madera para la elaboración de envases para la citricultura. A nivel de madera local, si bien en un principio el pino tenía una importante participación, con el tiempo fue decreciendo debido a la altísima tasa de crecimiento de los eucaliptos. Transcurridos los años, y confirmada la viabilidad del negocio, se sumaron los productores e inversores, que dada las características de la producción permitió incluir, también, a personas hasta entonces no vinculadas a las actividades agropecuarias, lo que generó un fuerte impulso de las industrias forestales, en especial las del aserrado, preservación de postes y elaboración de tableros reconstituidos de fibra y partículas.

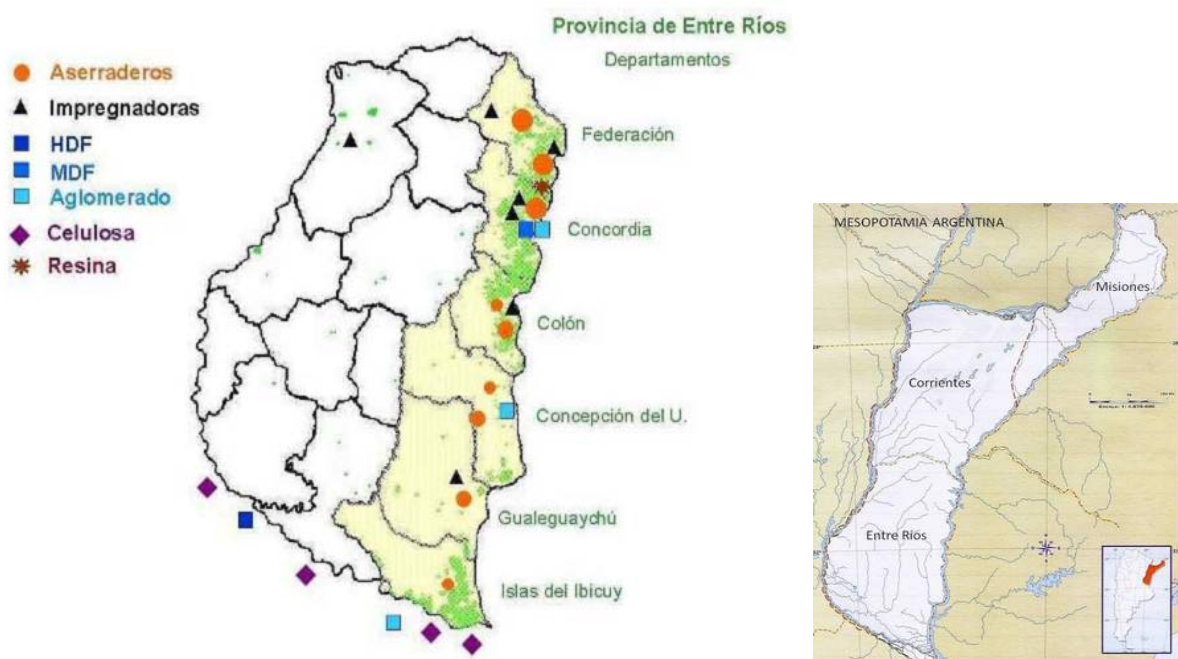


Fig. 2.4. Provincia de Entre Ríos, situación- industrias y vista satelital de plantaciones.

Vale comentar el caso de la ciudad de Bovril, localizada en el NE de Entre Ríos, donde abundaban los bosques nativos de algarrobo (*Prosopis nigra* y *P. alba*) y se instalaron mueblerías y carpinterías en base a estas maderas. Al avanzar la frontera agropecuaria, en especial por el cultivo de la soja, y las restricciones actuales de corte de madera nativa, determinaron que la zona que se quedara si materia prima suficiente por lo que varias de ellas tuvieron que reconvertirse empleando madera de eucalipto en sustitución de la nativa.

Es así como en el NE de Entre Ríos se llega a la actualidad, a contar con cerca de 120.000 ha forestadas, en un 90% con eucalipto, teniendo más de 1000 de productores forestales (entre forestadores e inversores), 240 aserraderos, 13 plantas de preservación de madera, 2 fábricas de tableros, 1 planta de procesamiento de resina de pino, industrias de reprocesamiento (remanufacturas), y un número difícil de determinar empresas de segunda y tercera transformación de la madera, como el caso de carpinterías, y mueblerías,

siendo el sector caracterizado por estar conformado mayoritariamente por pequeñas y medianas empresas (PyMES). En la tabla 2.1. se muestran los 214 aserraderos censados en 2009, estimando que el número total existente es de 240 .

Tabla 2.1. Aserraderos en Entre Ríos que procesan eucalipto. Datos al 2009: Departamentos Federación – Concordia y Colón. (MASTRANDREA, C. 2009)

Ciudad	Total	Aserraderos	Remanufactura
Concordia	72	70	2
Colón	43	39	4
Federación	40	34	4
Chajarí	59	59	0
Totales	214	202	10

Se debe comentar que la madera de eucalipto en el mercado internacional como aserrada es muy poco conocida, y con poca incidencia en las transacciones internacionales, por lo que sus productos no tienen una competencia, ni techo de precio fijados por el volumen de producción internacional, como el caso del pino, por lo cual su expansión se basa en encontrar nichos de mercado, siendo que está muy lejos de llegar a su tope.

Por todo ello, en Argentina generar más, y diversos productos, fundamentalmente provenientes de plantaciones forestales de eucalipto, contribuirán a paliar el déficit de la balanza comercial externa, e incluso permitirá tener excedentes en ciertos rubros en particular.

2.5. Aspectos de las plantaciones forestales

2.5.1. Aspectos ambientales: Pro y contra de las plantaciones

Si bien el presente estudio responde al estudio de la madera, se debe partir de que la especie o cultivo forestal planteado por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), debe ser ambientalmente aceptable, puesto que de no cumplirse este precepto básico, ya descartaría su difusión. Por ello a continuación se brinda información referida a las plantaciones de eucalipto basada principalmente en estudios científicos, en particular varios de ellos generados por el INTA y Universidades situadas en la región misma.

Las plantaciones forestales vienen siendo cuestionadas por la población en general, basándose en la información que ciertos grupos autodenominados “ambientalistas” se encargaron de difundir infundadamente en contra de este tipo de plantaciones. Dentro de estas forestaciones las más cuestionadas son las de pinos y eucaliptos, tal vez por ser las más abundantes y que se plantan en mayor escala.

Hasta hace pocos años atrás, dada la poca experiencia y falta de ensayos sobre impacto ambiental de este, y otro tipo de cultivos, hicieron que las opiniones, tanto las favorables como las contrarias, se realizaran sin demasiado asidero científico. También hemos de considerar que plantaciones realizadas sin pautas de ordenamiento territorial y sin consideraciones ambientales han colaborado a generar la oposición hacia este tipo de cultivos, aunque también debe tenerse en cuenta que el conocimiento de estas pautas y las “*buenas prácticas forestales*” han surgido en los últimos años, mucho después que se iniciaron estas plantaciones. Como ejemplo se puede citar la reciente declaración del sitio RAMSAR, diciembre 2011, en la cuenca del arroyo El Palmar en Entre Ríos, el cual en su cuenca contempla la producción con plantaciones forestales de pinos y eucaliptos, demostrando su compatibilidad y aceptación de estos sistemas.



Figura. 2.4. Ordenamiento territorial de plantaciones de eucalipto en el sitio RAMSAR El Palmar, Entre Ríos.

Parte del cuestionamiento de las forestaciones surge del tratar de compararlas con bosques nativos, o primarios, cuyo origen y estructura son totalmente diferentes, siendo que es más adecuado compararlo con otros cultivos plurianuales, necesarios para la actividad humana.

Por ello en INTA, en su Estación Experimental Concordia, junto al Laboratorio de Ecofisiología Forestal LISEA de la Universidad de La Plata, vienen realizando estudios en eucalipto desde hace más de 15 años, referidos a biodiversidad, consumo y ciclo del agua y nutrientes, así como la comparación con otros cultivos, y el impacto en desarrollo regional. De estos numerosos estudios pueden citarse los siguientes conceptos:

- Las plantaciones forestales son una actividad antrópica que como tal va a tener impacto sobre el ambiente, pero deben considerarse en el marco de un cultivo plurianual, y como tal comparar su impacto referido a otros cultivos, y no pretender compararlo con bosques primarios.

- Las plantaciones de rápido crecimiento necesitan imperiosamente transpirar y fotosintetizar por lo que tienen una necesidad de agua y nutrientes, como los necesitan otros árboles, aunque estos pasan a formar parte de un ciclo, en el cual pueden mitigarse los impactos aplicando buenas prácticas forestales (GOYA, J,2007)



Fig.2.5. Estudios de ciclo de agua y nutrientes en eucalipto y praderas- INTA Concordia-LISEA

- Comparado con cultivos anuales tradicionales en la región, como soja y arroz, y pluriaruales como los cítricos, los forestales aplican mucho menos agroquímicos (herbicidas e insecticidas) y fertilizantes, llegando en ciertos casos, como en el relevamiento 2002, donde se encuestó sobre la cantidad de aplicaciones realizadas en los predios de la región, llegando a estar en orden de 20 veces menos, tal como muestra la tabla 2.2. (DIAZ, D. 2009).

Tabla.2.2 Aplicación de agroquímicos comparando plantaciones de eucalipto y cultivos en Entre Ríos. (DIAZ, 2009)

Uso de agroquímicos	Entre Ríos	Fuente CNA Censo 2002.
Cultivo	Superficie tratada con insecticida (%)	Superficie tratada con herbicida (%)
Arroz	49	106
Maíz	42	127
Soja	181	180
Frutales	124	133
Forrajeras anuales	8	28
Forrajeras perennes	8	20
Plantaciones forestales	2	1,5

- Las plantaciones forestales capturan dióxido de carbono, favoreciendo la mitigación del efecto invernadero. Hoy día ya hay casos concretos de venta de bonos de carbono en mercados voluntarios de plantaciones de eucalipto. En ese sentido el INTA viene trabajando desde hace 8 años en el estudio de la captura, fijación y creación de sumideros de carbono. (GARCIA, M. 2010).



Fig. 2.6 Estudios de captura de carbono en plantaciones de eucalipto. INTA Concordia

Un concepto bastante reciente es el que aconseja el manejo de las plantaciones con raleos y a turnos lo más largos posibles, dejando los residuos de cosecha en el monte, en especial la corteza, como responsable de buena parte de la “exportación de nutrientes”, para minimizar los efectos sobre el ciclo de nutrientes (GOYA, J., DIAZ, D. 2002)

Estudiando y comparando las capas freáticas de cultivos forestales y praderas de siega colindantes no se observan comportamiento diferenciales, aunque debe considerarse que el consumo necesario de agua puede tener alguna influencia en las condiciones a nivel de microcuencas, como el caso de la escala de lote. (COFRU, 2011).

En regiones con precipitaciones abundantes, como el caso de Entre Ríos con 1200 a 1500 mm anuales, el tema del agua no es limitante, siempre y cuando tenga una buena distribución en el transcurso del año, pero debe tenerse muy en cuenta el tema en regiones con escasas precipitaciones. En estos casos es donde se buscan plantas más eficientes, hidrológicamente hablando, como el caso de ciertos híbridos.

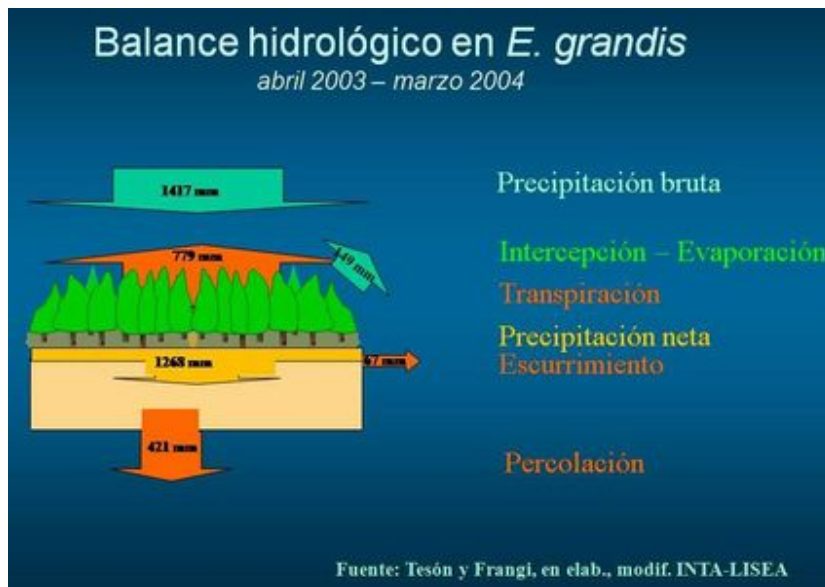


Fig. 2.7. El ciclo del agua en plantaciones de eucalipto. INTA – LISEA: TESON, N. FRANGI, J.

En este contexto es en el que los eucaliptos deben ser considerados dentro del ámbito del comportamiento de los árboles, lo cual escapa al conocimiento popular e incluso a profesionales que no cuentan con la formación necesaria, y la información científica local.

Como tal, es de fundamental importancia aplicar las “*buenas prácticas*” de cultivo, las que actualmente se encuentran alineadas con las certificaciones de tipo ambiental como el caso del FSC. Van surgiendo nuevos conceptos de buenas prácticas, como el ordenamiento territorial, los corredores de biodiversidad, la protección de cuencas de agua, prácticas de manejo, etc. los cuales sin duda ayudarán a mitigar los impactos que toda intervención agropecuario-forestal indefectiblemente tienen sobre el ambiente.



Fig. 2.8. Corredores de biodiversidad en plantaciones de eucaliptos – Brasil.

Dada esta situación la FAO se encargó recopilar más de 50 trabajos por especialistas en el trabajo titulado, *“Bibliografía anotada sobre los efectos ambientales, sociales y económicos de los eucaliptos”* el cual llega como conclusión a que los eucaliptos ***“no son mejor ni peor que otras especies, teniendo un comportamiento que es el que corresponde a los árboles”***

Sin concluir sobre este complejo tema, se pueden dar las siguientes pautas, basadas en grandes indicadores:

- *“La plantaciones de eucaliptos son factibles de certificar ambientalmente”*, y de hecho hay cientos de miles de hectáreas aceptadas y certificadas por el FSC (Forest Stewardship Council), ente gobernado por grupo de personas y entes ambientalistas entre las que se puede citar a GREENPEACE y la WWF. Por lo que la recomendación sería *“que aplicando las buenas prácticas forestales “*, como las del FSC, se puede trabajar en forma ambientalmente correcta, llegando incluso a certificar toda la cadena de custodia.



Fig. 2.9. Producto de madera de eucalipto con sello FSC de la cadena de custodia.

-*“ La región de Entre Ríos tiene plantaciones de eucaliptos desde hace más de 70 años”*, y si bien en ciertos sitios se han cometido errores, no se tienen registros de impactos negativos de envergadura, tal como se le suele presagiar a estas plantaciones, y se siguen efectuando rotaciones de 10 a 14 años, sin mayores inconvenientes, en forma sustentable.

2.5.2. Desarrollo socio-económico

El impacto socio económico es tal vez lo más destacable de estas plantaciones forestales en la región de Entre Ríos, Argentina, y lo que justifica realizar esfuerzos en el sentido de lograr plantaciones sostenibles, ambiental y económicamente, en pro de la sustentabilidad de todo el sistema y asegurando la radicación rural.

El hecho de que el INTA continúe trabajando en la investigación y ampliación de fronteras de las plantaciones se basa principalmente en su factibilidad ambiental y económica, que aseguran generar un sistema que genere ocupación de mano de obra basado en sus ejes fundamentales institucionales de:

equidad social, competitividad y sostenibilidad, procurando mejorar la calidad de vida de la población rural.

El modelo forestal del eucalipto en la provincia de Entre Ríos ha sido presentado por el suscripto en varios foros a nivel Nacional, e incluso en eventos a nivel internacional como Australia, Costa Rica, Brasil e Uruguay (SANCHEZ ACOSTA, M. 2007, 2009, 2010, 2011), dado que muestra como con una relativa pequeña superficie forestada, puede generar todo un polo forestal.

En forma resumida se puede comentar que sobre una base de 8 millones de ha de territorio, la provincia cuenta con 100.000 ha de eucaliptos (sólo 1,4% del territorio), superficie esta que en otros países podría ser de propiedad de una sola empresa. Estas la que han dado lugar a la generación de más de 1000 productores plantadores, la radicación de industrias de primera transformación como: 240 aserraderos, 13 plantas de preservación de postes, 2 líneas de tableros aglomerados, una línea de tableros MDF, e incluso empresas de segunda transformación como carpinterías y fábricas de muebles y envases en número muy difícil de determinar pero que basados en registros parciales se estima que exceden las 300. Además de estos destinos también se envía madera fuera de la provincia para abastecimiento de otras plantas de tableros, fábricas de celulosa, y actualmente se tiene envíos de madera para la generación de energía, lo que también indica la versatilidad de esta madera y las posibilidades de mercados que tiene.

Esta atomización de la oferta y la demanda generan un libre comercio de cierta transparencia, que está integrado en su gran mayoría por empresas PYMES, radicadas en la región, cuyas ganancias y generación de capital se vuelcan en la zona misma. En otro sentido estas empresas integran una cadena de valor que generan un número importante de empresas de servicios que suman al desarrollo de la región (plantadores, empresas de manejo forestal, contratistas de cosecha, empresas de transporte, de mantenimiento, de comercialización, entre otras).

Debe resaltarse que, según cálculos a grandes rasgos del INTA (2010), la sola generación de impuestos, tomando solo el del valor añadido, IVA y el de sociedades de la cadena productiva para aserradero, le reportan al estado la recaudación de 7 pesos, por cada 1 peso invertido en el sector, en forma anual y a perpetuidad, sin siquiera considerar los beneficios por las otras actividades, y lo más importante aún, los beneficios sociales.

En un estudio de caso (SANCHEZ ACOSTA, M., REMBADO, G 2007) se llega a la consideración que si no existiese esta masa forestal la región no podría tener otra cosa que esa superficie ocupada por ganadería extensiva, o simplemente praderas, con lo cual la comparación de situación resulta muy favorable hacia el sector forestal generado. (MASTRANDREA, C. 2010, SANCHEZ ACOSTA, M. 2010, VERA, L. 2011)

2.5.3. Los productos forestales – carbono neutralidad – huella de carbono

Un aspecto que hasta hace pocos años no era casi tenido en cuenta, y que hoy día va tomando cada vez más relevancia, es la incidencia ambiental de los distintos productos en toda su cadena productiva. Tanto en el consumo de energía para producirlos, y colocarlos en el destino final, como las emisiones que se generan en toda su cadena productiva, y la generación de sumideros del carbono retenido.

Conceptos como la *huella de carbono*, vienen a indicar a los consumidores cuanta energía y liberación de gases del efecto invernadero que se liberan durante la producción, transporte y empleo final de los productos.

Si bien, como se comentara, sobre las plantaciones forestales pesan muchas objeciones de tipo ambiental, en lo referido a los productos forestales, en especial la madera, y más aún las provenientes de plantaciones, tienen ventajas ambientales comparativas muy favorables.

En primer término, si los productos provienen de plantaciones con manejo sustentable, se va a tratar de una materia prima probadamente “renovable”. Si se tiene en cuenta que es factible de certificar ambientalmente en toda su cadena de custodia, como el caso de FSC, se llega a que el producto puede dar una garantía socio-ambiental en su “trazabilidad” cosa que ningún otro cultivo, o producto agrícola, puede garantizar.

Dada su peculiar característica de capturar dióxido de carbono y liberar oxígeno mediante la fotosíntesis, ya perfilan a sus productos como carbono positivos, o como mínimo “carbono neutrales”, en el balance de cuanto se gastó para generarlo o liberó al ambiente, y cuanto ha capturado, tal como el caso de la madera para energía, la cual pese a volver a liberar CO₂, su ecuación da una “carbono neutralidad”, a lo que se suma que no genera emisiones que favorezcan la ocurrencia de lluvia ácida, como otros combustibles. (BRITO, J. 1996)

Otro aspecto no menor, comparado a otros materiales es su facilidad de reciclado, con tecnologías simples, dado que se llega incluso a su reutilización como material mismo, como en el caso de demoliciones de edificios. Otro ejemplo emblemático es el reciclado del papel el cual cada vez llega a porcentajes más altos y con mayores cantidades de ciclos de reciclado.

Un aspecto más a considerar es que el carbono retenido en la madera o productos forestales, pueden quedar capturados por grandes períodos, como es el caso de la madera empleada en viviendas, la que se transforma en uno de los “sumideros de carbono” de mayor duración en el tiempo.

2.6. Mitigación de los problemas: Las plantaciones de eucalipto

Desde el punto de vista económico, el mejorar el saldo de la balanza comercial forestal externa, sólo podrá realizarse con proyectos que involucren a plantaciones forestales, debido a la pérdida de existencias y calidad de los bosques nativos, y a la restricción cada vez mayor a la tala en bosques nativos. En Argentina se acaba de dictar la LEY 25.670 de presupuestos mínimos de protección ambiental, conocida como la *Ley de los bosques Nativos u ordenamiento territorial*, la que preserva del corte a gran parte de los bosques nativos, y pretende ordenar la implantación de forestaciones, u otras actividades agropecuarias, que son fuente de materia prima para las distintas agroindustrias.

En el desarrollo de las plantaciones forestales el eucalipto cumple un papel importante dado que es el segundo género en importancia de las forestaciones. Las primeras plantaciones ocuparon los sitios de mejores calidades, por lo que el futuro sin duda pasará en gran parte por emplear sitios marginales a los actuales, tanto en la condición de suelo, como de clima, a lo que se suma las cada vez más frecuentes condiciones climáticas adversas, por lo que la búsqueda de nuevos híbridos que mantengan crecimientos

competitivos, pero con mayor tolerancia a estas condiciones adversas, colaborarán a mitigar estas situaciones

2.7. Necesidad de ampliación de fronteras de las plantaciones de Eucaliptos

En Argentina, *Eucalyptus grandis* es la especie de eucalipto más difundida, existiendo más de 200.000 ha forestadas entre las provincias de Entre Ríos, Corrientes y Misiones (BRAIER, 2004, INTA 2006). En esta región, la obtención de productos sólidos con alto valor agregado a partir de especies de rápido crecimiento ocupa un lugar preponderante entre los objetivos de producción de las pequeñas y medianas empresas forestales.

La mayor parte de la superficie antes mencionada fue lograda en sitios donde las condiciones edáficas y climáticas permiten una excelente adaptación para *E. grandis*. Sin embargo, dentro de la misma región algunas áreas presentan limitantes edáficas y/o climáticas para esta especie en forma pura. En este sentido, por ejemplo, en el NE de Entre Ríos dada la necesidad de expandir las fronteras forestales hacia zonas marginales (suelos pesados, mayor intensidad de heladas) la utilización de especies mejor adaptadas como *E. camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. dunnii* o la incorporación de híbridos interespecíficos constituye una alternativa muy importante a desarrollar (HARRAND, L. y SCHENONE, R. 2002; HARRAND, L. 2005; MARCO, M. y HARRAND, L. 2005).

En la costa del río Uruguay, el empleo de *Eucalyptus grandis* se ha difundido en gran medida debido al buen comportamiento que ha demostrado esta especie a las condiciones de clima y suelo presentes, y por las cualidades madereras que posee. En este sentido el *E. grandis* ha demostrado ser el de mayor crecimiento cuando se encuentra en sus condiciones adecuadas, siendo posible alcanzar crecimientos de más de 50 m³/ha/año a nivel comercial (MARCO, M. 2010).

Sus características, físico-mecánicas y químicas, han sido ampliamente estudiadas por el INTA. INTI y universidades como la UTN, UNL y UNaM, mostrando que su madera es de fácil transformación, aunque de baja densidad y dureza. Estos estudios han permitido su adecuación a una gran gama de tipos de industrialización y aplicaciones, además de su tradicional empleo celulósico, muy desarrollado en Brasil, actualmente está siendo destinada al aserrado, en más de 350 aserraderos de la región mesopotámica, a 15 plantas de preservación de postes de líneas aéreas, 3 laminadoras por desenrollo, 1 planta de tableros de fibra HDF, 2 plantas de MDF y 3 plantas de paneles aglomerados. (SANCHEZ ACOSTA, M. 2010)

Pero debido a su baja tolerancia a las heladas se desarrolló en gran medida en zonas muy próximas al Río Uruguay, o en sitios que no tuvieran limitaciones en ese sentido.

Sobre fines del siglo XX, al querer ampliarse la frontera de su cultivo y tener mayor certidumbre en la implantación, en regiones que actualmente padecen mayor ocurrencia de heladas, se ha comenzado a probar y plantar especies alternativas como *Eucalyptus dunnii*. En ese mismo sentido, ya en el siglo XXI, se buscan soluciones con el desarrollo de híbridos interespecíficos, con alta productividad y adaptabilidad, donde el *E. grandis* aporte su gran crecimiento y las otras especies, como el *E. tereticornis* y el *E. camaldulensis* aporten mayor rusticidad y madera de mayor densidad. (HARRAND, L. 2009).

2.8. La hibridación como solución a condiciones limitantes

Hibridación y mejoramiento genético:

La hibridación se encuentra dentro del proceso del mejoramiento genético forestal, que implica el desarrollo de poblaciones genéticamente superiores en una o varias características (ej. crecimiento, forma, calidad de madera, etc.), respecto de las que se emplean de manera corriente en el ámbito comercial, y su utilización operativa a través de la producción de semillas o clones de individuos mejorados. Entonces, los principales objetivos del mejoramiento genético son: el aumento de la productividad y la mejora de aquellos factores que condicionan la calidad de lo producido. (MARCO, M, LOPEZ, J, HARRAND, L, 2005)

El desarrollo de híbridos se encuentra dentro de los conceptos anteriores expresados, y tienen como finalidad la obtención de una población de genotipos que presenten mejor respuesta hacia la forestación de áreas consideradas marginales por aspectos edáficos o climáticos, o que exhiban alguna característica maderera específica no hallada dentro de las especies puras.

Para la realización de cruzamientos controlados, desde 1996 se ha utilizado el método de GRIFFIN et al. , modificado por HARRAND, L. 2005. Esta técnica implica la realización de un aislamiento físico (bolsa de tela) de las flores castradas (eliminados sus estambres) y su polinización días después. El inconveniente de esta práctica es la necesidad de conocer con precisión el momento óptimo de polinización o el recurrir a la aplicación de polen por varios días para asegurarse una correcta polinización. En la última temporada de cruzamientos, se ha recurrido a la utilización de una nueva técnica denominada OSP (“One Step Polinization”: Polinización en un Solo Paso), la cual posee la ventaja de poder realizar la polinización en el mismo momento de la castración, disminuyendo sensiblemente el tiempo promedio por flor e incrementando el porcentaje de formación de frutos.

Hasta el momento se han utilizado solamente individuos de *E. grandis* como madres, los cuales forman parte del programa de multiplicación vegetativa del INTA Concordia, seleccionados por características fenotípicas como forma y volumen. Se consideró también la abundancia y accesibilidad de los pimpollos florales.

Se utilizó polen de *E. tereticornis*, extrayéndolo de individuos fenotípicamente superiores. Para la polinización se lo aplicó como mezcla de varios individuos de la especie, práctica que simplifica el manejo de éste, a la vez que aumenta la posibilidad de obtener combinaciones genéticas viables (por posible incompatibilidad entre individuos). Cabe acotar que debido a la importancia usual de mantener los árboles madre en su estado original, pues suelen estar bajo evaluación, estos cruzamientos se realizan en árboles maduros muchas veces de gran porte, con más de 15 m de altura.

Finalmente, la cosecha de las cápsulas se realiza 6-7 meses después de efectuadas las polinizaciones. Una vez obtenida la semilla híbrida, es necesario conocer la expresión de los genotipos conseguidos. Para esto se realiza la siembra de las semillas y posteriormente se implantan en campo los individuos híbridos sobrevivientes, dado que un porcentaje significativo puede morir en sus primeros como plántula ante la presencia de incompatibilidad genética. Posteriormente, los ensayos se evalúan de manera continua y se

examinan las características priorizadas para así poder establecer cuales individuos son superiores en ellas, siendo fundamentales las referidas a la aptitud de su madera

La multiplicación

El desarrollo de metodologías adecuadas de propagación vegetativa es un punto clave para la utilización de los ejemplares híbridos obtenidos. El programa de Cruzamientos Controlados está sustentado bajo el concepto de la utilización de los individuos híbridos seleccionados como réplicas genéticas (clones).

Las técnicas de multiplicación agámica se encuentran desarrolladas para varias especies de *Eucalyptus* mediante la utilización de estacas (macropropagación), estaquitas pequeñas (minipropagación) o por medio del cultivo de tejidos (micropropagación). Una vez seleccionado un ejemplar híbrido, para convertirlo en un “clon híbrido”, es necesario ajustar las técnicas de propagación con el fin de maximizar su capacidad de multiplicación. La presencia de individuos “difíciles” para su multiplicación (como puede ser por problemas de enraizamiento), convierte a éstos en no aptos para su utilización a escala productiva.

Del mismo modo, los clones seleccionados deben corroborar las cualidades por las que fueron seleccionadas a través de una serie de ensayos de comportamiento, donde se evalúan la expresión y repetición de sus características en distintos momentos y sitios, comparándolos permanentemente con clones testigos, siendo fundamental el estudio de su madera, dado que es el objetivo final.

En Argentina, el objetivo de los trabajos de cruzamientos controlados llevado a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria Concordia del INTA, dentro del Programa de Producción de Material de Propagación Mejorado Eucaliptos en Mesopotamia (Proyecto de Desarrollo Forestal, SAGPyA – BIRF), es combinar la excelente productividad y forma de *Eucalyptus grandis* con algunas características de interés de otras especies, entre ellas el *Eucalyptus tereticornis*. Dentro del mejoramiento para la región, se han considerado como características prioritarias la disminución de la sensibilidad a las heladas, y a los cambios climáticos, y otorgar mayor rusticidad al *grandis* utilizando especies como *E. tereticornis*, *E. camaldulensis*, y *E. dunnii*, e incluso mejor aptitud papelera como la del *E. globulus*.

Una de las principales ventajas del empleo de híbridos interespecíficos es la posibilidad de reunir en una planta características deseables (forma, densidad de madera, crecimiento, tolerancia a heladas, resistencia a plagas, etc.) de dos especies de valor forestal y, eventualmente, manifestar vigor híbrido. El vigor híbrido o heterosis es una superioridad del individuo híbrido por sobre los progenitores. Esta superioridad puede presentarse en cualquier característica mensurable como: altura, rendimiento, densidad de madera, resistencia a frío, entre otros.

El empleo de la hibridación en eucaliptos no es nuevo y a nivel mundial ha sido utilizada para transferir resistencia al “cancro del eucalipto” en *E. grandis* mediante su cruzamiento con *E. urophylla*, generando el conocido híbrido “*Urograndis*” en Brasil, y para transferir tolerancia a heladas a *E. globulus* en cruzamientos con varias especies tolerantes. Se ha informado también la existencia de heterosis para incremento volumétrico en híbridos de *E. torelliana* x *E. citriodora* y *E. camaldulensis* x *E. tereticornis*. (HARRAND, L. 2009)

El uso de híbridos es una respuesta prometedora para la forestación de áreas consideradas marginales por aspectos edáficos o climáticos, e incluso a las frecuentes condiciones climáticas extremas atribuidas al cambio climático. Los cruzamientos entre especies permiten combinar características favorables y en algunos casos se logra además un plus: vigor híbrido.

2.8.1. Creación genética del híbrido *E. grandis* x *E. tereticornis*, su objetivo

El híbrido *E. grandis* x *E. tereticornis*, denominado comúnmente **EG x ET**, se genera comercialmente en África (Sudáfrica y el Congo) sobre fines de siglo pasado, por una necesidad de recurrir a sitios marginales, de peores suelos y más áridos, pues los mejores suelos se debían destinar a la agricultura, principalmente para la producción de alimentos. En Sudáfrica se plantó con gran suceso el *E. grandis*, en sitios con buenas precipitaciones y buenos suelos. Dado que más de 2/3 partes de ese país tiene condiciones de aridez, el gobierno decidió priorizar los mejores sitios para explotación agropecuaria, por lo que las forestaciones necesariamente debían desplazarse hacia zonas marginales, donde el *E. grandis* tiene inconvenientes. Por ello se desarrolló este, y otros híbridos, con mayor tolerancia a las situaciones adversas, en especial a las sequías, donde se destacan los trabajos de MALAN, F y VAN WYK, G.

Respecto al híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus tereticornis* en Argentina la primera introducción de semillas fue en 1990 desde Sudáfrica como parte de las actividades del Convenio INTA-CIEF (Centro de Investigación y Experiencias Forestales). Con este material se instala un ensayo en la localidad de Ramallo, Prov. de Buenos Aires, incluyéndose otros híbridos. Sobre este ensayo se realiza una selección temprana de los mejores individuos, para luego propagarlos vegetativamente. Resultados recientes sobre un ensayo instalado en Concordia, con material derivado de la selección original hecha en Ramallo, demostró que el híbrido tuvo un rendimiento en volumen promedio, con valores en forma y sanidad comparables a otros híbridos y a las especies puras. Pero un ensayo instalado en un sitio arcilloso del NE de Entre Ríos, produjo el mejor volumen, la mayor densidad de madera y una excelente tolerancia a heladas de este híbrido respecto a otras combinaciones híbridas.

2.8.2. Antecedentes del crecimiento - tolerancia a factores adversos

Este híbrido EGxET comenzó a desarrollarse en Sudáfrica donde a fines de los 80' comenzaban a tenerse resultados alentadores (VAN WYK, G. et al. 1989). Ya en 1995 se comunicaban buenos resultados del EG x ET en el Congo, y en Sudáfrica, en ensayos jóvenes como más tolerantes a frío y sequías (DARROW, 1995, MALAN, F. 1994).

En el INTA Concordia y el INTA Castelar, (MARCO, M y ALLIANI, R., 1995) ensayan especies alternativas e híbridos entre *E. grandis* con *E. tereticornis* y *E. camaldulensis* como posibles alternativas al *E. grandis*, y para contar con material genético tolerante a suelos pesados, y zonas más frías. En 1990 comenzaron instalando ensayos con semillas híbridas suministradas por VAN WYK, G. de Sudáfrica. A los dos años de edad se efectuó una selección temprana propagándose vegetativamente vía enraizamiento de estacas los individuos seleccionados. A los 6 años de edad se comprueban crecimientos muy buenos de este test clonal del híbrido en Concordia, (HARRAND, L. 2011), que llegan a superar a los tratamientos testigos de semilla de *E. grandis*.

El INTA Concordia, en 1994 comenzó ensayos en coordinación con el CIEF, con material de esta procedencia sudafricana, y CARPINETTI, L. en 1994 comenzó a instalar ensayos en la misma Estación Experimental Concordia, los que han sido fuente de materia prima para los estudios descritos en este trabajo.

Como resultado de la campaña de cruzamientos desarrollada en la temporada febrero/marzo 2000, en primavera de 2001 se implantó un ensayo de progenies híbridas en un campo de la localidad de Ubajay (Dpto. Colón, Entre Ríos). El mismo se constituyó por híbridos *E. grandis* x *E. camaldulensis* y *E. grandis* x *E. tereticornis*, e individuos de las especies parentales puras (*E. grandis*, *E. camaldulensis* y *E. tereticornis*). Durante el invierno de 2002, la zona donde se encontraba el ensayo sufrió fuertes heladas que dañaron seriamente las plantaciones que se encontraban en el campo.

Luego de evaluado el ensayo, fue posible confirmar lo que a primera vista podía presumirse: Varios individuos híbridos habían tolerado significativamente más las heladas ocurridas que los individuos puros de *E. grandis*, y a su vez se encontraban individuos con muy buen crecimiento inicial comparables o superiores a los de las especies puras. (HARRAND, L. 2010)

Derivado de esta experiencia, fue posible seleccionar alrededor de 40 árboles con muy buen crecimiento inicial y menor susceptibilidad al frío. Estos individuos ingresaron prontamente a la fase de multiplicación agámica, y parte de ellos ya se encuentran en sus primeras etapas de evaluación como clones. Fueron elegidos por características de expresión temprana, por lo que corresponde ahora continuar con las evaluaciones de ellos y observar su comportamiento, tanto en etapas juveniles como intermedio adultas.

Otros varios sitios se encuentran plantados en la región con progenies híbridas, formando una importante población de selección en etapas de evaluación y selección. Dentro de esta se encuentra el material empleado para los estudios de la madera que se presentan en este presente trabajo.

La información disponible para el Centro y Norte de Entre Ríos (MARCO, M. y HARRAND, L. 2005) como así también la obtenida para el Norte de Corrientes (RAUTE et al., 2005) muestra que, en general, los clones híbridos que fueron ensayados (*E. grandis* x *E. tereticornis* y *E. grandis* x *E. camaldulensis*) tuvieron un crecimiento en volumen similar o superior a *E. grandis*. No obstante, en dicha región, se carece de información respecto a la aptitud de la madera de dichas entidades. (LOPEZ, J. 2007)

Los lotes ensayados, que fueron base de la madera estudiada en el presente, mostraron crecimientos del orden de 40 a 50 m³/ha/año. Esta población actual y la generación continua de nuevos híbridos alentarán alternativas de forestación en sitios que en la actualidad son poco explorados.

2.8.3. Antecedentes de su madera

En general se cuenta con información exploratoria parcial de su madera obtenida a edades tempranas, usualmente referida sólo a su densidad como parámetro principal, dado el interés de los mejoradores es ir contando con información lo más tempranamente posible, que permitan vislumbrar su potencial, y generar parámetros para la selección temprana.

En Argentina el híbrido muestra que se puede elevar la densidad de la madera de *E. grandis* (LOPEZ, J. 2007), siendo estos resultados coincidentes con los reportados por VAN WYK, G. et al. (1989) quienes indican que la madera del EG x ET a los 33 meses de edad resultó 13,5% más densa que la de *E. grandis* (472 Kg/m³ para el híbrido y 416 Kg/m³ para *E. grandis*).

Asimismo, son similares a los informados por (MALAN, F. 1992) quien al evaluar, al quinto año de edad, tres clones híbridos de *E. grandis* x *E. camaldulensis* y tres de *E. grandis* x *E. tereticornis* en diferentes sitios de Sudáfrica concluye que ambas combinaciones híbridas produjeron, en general, madera de mayor densidad que la de *E. grandis*, y con un comportamiento intermedio respecto a la densidad de las especies parentales utilizadas. No obstante, también fueron detectadas diferencias altamente significativas entre sitios y entre clones dentro de híbridos. La proporción de albura del EGxET fue de 49,6% (18,0% más que *E. grandis*), la densidad de la madera de 593,3 Kg/m³ (33,9% mayor que la *E. grandis*) y la contracción volumétrica de 17,8% (19,5% más que *E. grandis*). Una significativa mayor proporción de albura (26% más) y mayores contracciones de la madera del híbrido de *E. grandis* x *E. tereticornis* (en sentido radial y tangencial) también fueron observadas por (MALAN, F. 1992).

Con base en estos ensayos y lo prometedor de sus crecimientos ya se están produciendo clones del híbrido EG x ET incluso en viveros comerciales de la región de Entre Ríos, los cuales tienen sumo interés en contar con las referencias de la madera y aptitud del producto que ya están comercializando. (PAUL FORESTAL 2011. Com. Pers.), aunque aún no se dispone de plantaciones con edades adultas.

2.8.4. Posibilidades de sus aplicaciones y perspectivas de mercado – FSC

Este factor es de fundamental importancia para el INTA, pues de su aptitud depende que se incorpore como especie recomendada de plantación, y forme parte de los planes futuros de mejoramiento forestal y de promoción de plantación del Estado Nacional.

No sólo basta con el crecimiento y tolerancia, dado que las plantaciones están fundamentalmente destinadas a fines comerciales privados, por lo que resulta imperioso que el productor forestal pueda colocar su producción sin mayores inconvenientes, y el industrial debe no sólo poder obtener sus productos principales, sino también colocar sus residuos.

Hasta el presente no se cuenta con dicha información por lo que esta primera caracterización será de suma importancia para la toma de decisiones de la Institución y el Gobierno mismo, quien promueve plantaciones forestales, siempre y cuando sean de probada aptitud.

Los datos con que se cuenta, referidos mayormente a densidad, y dureza en edades tempranas, sumado a observaciones organolépticas de la madera cortada, le asignan posibilidades para el mercado al que se destina actualmente el *E. grandis*.

Los valores obtenidos al presente hacen presumir que se encuentra en un rango intermedio entre sus progenitores, superior al *grandis* e inferior al *tereticornis*, por lo que es de esperar que mejore las características del *grandis* en aplicaciones que se exige mayor densidad, como el caso de suelos, cubiertas, estructuras, repisas, muebles, carpintería, entre otros, dado que el *E. grandis* se caracteriza por ser una de las más livianas y blandas de los eucaliptos, lo cual es una limitante para variados usos.

Dada la importancia de destinos para productos sólidos en la región, predominantemente el aserrado, se presta especial atención a los aspectos relacionados como: densidad, dureza, contracciones, resistencia mecánica, entre otros, aspectos estos que son tratados en el presente trabajo.

Por otra parte, tanto la cosecha, como así también el aserrado producen una gran cantidad de residuos o subproductos, los cuales es imperioso aprovechar, y usualmente se destinan a otros tipos de destinos como son los casos de industria celulósica, tableros de partículas o fibras, y últimamente para energía como biomasa. Por ello resulta imperioso conocer las propiedades y aptitud para estos destinos.

Cabe destacar que, en el aserrado, menos del 50% del rollo llega a convertirse en tablas, por lo que los residuos generados deben ser comercializados para que la ecuación económica cierre positivamente.

Estudios realizados por ALBORNOZ, 1984, y FERRER J, 1995, citados por (MASTRANDREA, C. 2010), muestran los siguientes valores medios de residuos- subproductos (aserrín – costeros – despuntes) producidos en el aserrado.

Tabla 2.3. Residuos generados en el aserrado de eucalipto en Entre Ríos

Tipo de residuo	Residuos aserrado Albornoz 1984	Residuos aserrado Ferrer 1995	Residuos aserrado Para cajonería
Aserrín	10.6 %	14.0 %	14.0 %
Costeros	35.6 %	26.0 %	26.0 %
Despuntes - recortes	12.5 %	14.7 %	14.7 %
Total	58.7 %	54.7 %	54.7 %

En forma coincidente, (CALOGERO, D. y ZACKOWICZ, N. 1996) estiman que el rendimiento en madera aserrada de rollizos sin corteza de *Eucalyptus grandis* oscila entre 37% y 57% dependiendo del diámetro del rollo así como de otros factores.

Como se comentara, el eucalipto grandis es factible de certificar FSC por lo que este híbrido EG x ET se podrá encontrar en las mismas condiciones agregando una cualidad más a su posible producción. Es de destacar que actualmente el sudeste asiático está demandando madera de eucalipto certificado FSC en grandes cantidades, con el fin de generar a su vez muebles que mantengan este sello en la cadena de custodia, para ser reexportados a distintos países. Esta certificación no necesariamente genera mejores precios, sino que principalmente asegura su comercialización al contar con mercados altamente demandantes. (MENEZES, L. 2010 Com. Pers.)

2.9. Necesidad del conocimiento de la madera del nuevo híbrido

En la comercialización de este híbrido en Sudáfrica la única referencia que se entregaba de su madera a los clientes que compraban el material genético, era el diagrama de densidad en el sentido médula corteza, como dato de orientación, sin contar con mayores datos del resto de las propiedades.

El hecho que en los eucaliptos la densidad crece en el sentido médula corteza, en especial hasta los 10 años de edad (TOMAZELLO, M., SANCHEZ ACOSTA, M. 1999), y que el centro del tronco posee madera juvenil, hace necesario que se cuenten con valores a edades de corte usuales con destino a productos sólidos, tal como la empleada en este trabajo.

Para su empleo industrial directo resulta imperioso contar con la información de propiedades físicas y mecánicas, sus características químicas con miras al empleo celulósico, y sus propiedades energéticas para el uso como biomasa.

Por otra parte, como información básica interesa conocer la anatomía de esta madera, llegando a la microestructura, la cual en el futuro podrá ser empleada tanto en su identificación, como en la correlación con distintas propiedades, y la interpretación del comportamiento de la madera

Desde el punto de vista genético permitirá además comparar las propiedades con la de sus progenitores para evaluar, en el mejoramiento, los efectos de la hibridación y sus posibles ganancias.

El conocimiento de las propiedades y aptitud de la madera es la base fundamental para ser incluido en los planes de investigación del INTA, y asimismo en los planes de fomento de plantaciones del gobierno nacional.

3. Hipótesis de trabajo y Objetivos

3.1. Hipótesis de trabajo

*Las características de la madera del nuevo híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus tereticornis* lo hacen apto para los usos habituales de los eucaliptos en Argentina (aserrado, paneles de láminas y reconstituidos, celulosa, y energía), en tal medida que permitirán al INTA dar sustento a su planes de mejoramiento, y respaldar su recomendación al Gobierno para su difusión en plantaciones comerciales.*

En función de los antecedentes citados, el presente trabajo reúne antecedentes y estudios recientes coordinados por el INTA, sobre las propiedades de la madera del híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus tereticornis*, con los siguientes objetivos:

3.2. Objetivo general

- El objetivo principal es conocer las características de la madera del nuevo híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus tereticornis*, y su aptitud, que permita al gobierno de la República, sustentar tecnológicamente su plantación en zonas marginales al *E. grandis*, para favorecer el desarrollo económico-social de esas regiones en forma sostenible.

Al mismo tiempo se pretende obtener una base de documentación técnica con la caracterización de la madera, que permita clasificarla en función de sus propiedades, y adecuarla a los distintos usos, actuales y futuros, para los cuales demuestre aptitud.

3.3. Objetivos específicos

Como objetivos específicos se tienen el conocer sus propiedades:

- Anatómicas
- Físico-mecánicas
- Químico-celulósicas
- Energéticas
- Aptitud tecnológica

4. Materiales y Métodos

4.1. Antecedentes metodológicos

Resulta importante comentar el criterio general de trabajo que tiene el INTA en los estudios de tecnología de madera y que han sido los conducentes al presente trabajo.

Las Estaciones del INTA suelen ser de cierta envergadura y están orientadas a la investigación y extensión. En el caso del INTA Concordia cuenta con dos sedes con 1.210 ha en total, una plantilla de 130 personas y diversas Áreas temáticas, siendo la “Forestal” una de las 2 principales. En el caso particular de la temática de tecnología de madera el criterio es aprovechar al máximo los recursos, recurriendo y trabajando en conjunto con otros centros de investigación que cuentan con equipamiento y profesionales especializados. Por estas razones el INTA Concordia forma parte de una Red Nacional de Instituciones en Investigación de Tecnología de la Madera (RITIM), donde se encuentran todos ellos, siendo el firmante de esta memoria el representante del INTA.

En el caso particular del *Eucalyptus grandis*, el INTA ha sido líder en el desarrollo del empleo de la madera para los denominados “usos sólidos”, saliendo de los destinos tradicionales “de molienda” frecuentes en otros países (celulosa, paneles, energía, etc.). En este aspecto el suscripto ha sido el responsable y coordinador de lo concerniente a la *tecnología de la madera de eucalipto* en el INTA Concordia, a lo largo de 28 años, lo que ha permitido generar una gran cantidad de relaciones nacionales e internacionales, las que favorecen la realización de diversos estudios.

Un importante aporte que brinda el INTA a estos estudios es la materia prima debidamente identificada y recolectada, y la relación que tiene con los productores e industrias, los cuales integran su consejo asesor. Esta relación permite una retroalimentación en cuando a demandas y necesidades tecnológicas del sector. Este trabajo en equipo a su vez permite la interrelación entre los entes involucrados generando un trabajo interdisciplinario que sin duda beneficia a cada institución.

Los resultados de estos trabajos se vuelcan en el sector y a su vez son las bases para la toma de decisiones de los Gobiernos Provinciales y el Nacional los que tienen en el INTA su base tecnológica asesora agropecuaria-forestal.

El presente trabajo consta de estudios realizados recientemente por el suscripto, complementados con otros anteriores coordinados por el INTA con institutos relacionados, lo que se pretende contar con una referencia lo más completa posible, en esta primera etapa de conocimiento de esta nueva madera.

Los organismos participantes en este PROYECTO GENERAL, de lo que forma parte lo que aquí se presenta, y los ensayos realizados, han sido:

-Laboratorio del Grupo de Estudios en Madera GEMA, Facultad de Ingeniería de la Universidad Tecnológica Nacional UTN, Concepción del Uruguay, Entre Ríos: Ensayos físico -mecánicos

-Cátedra de Dendrología de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de la Plata UNLP. La Plata, Buenos Aires: Estudios anatómicos y de quemado de astillas.

- **Laboratorio del Programa de Investigación de Celulosa y Papel- PROCYP** de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales- Universidad Nacional de Misiones, UNaM, Posadas, Misiones.: ensayos Químico – celulósicos y de fibras.
- **Grupo de Energía** del Instituto Nacional de Tecnología Industrial INTI, Buenos Aires: Determinaciones de poder calorífico
- **Centro INTI Madera y Muebles:** Buenos Aires. Ensayos físico mecánicos de referencia.
- **Ministerio de Agricultura ganadería y Pesca:** Ente Financiador de estudios en proyectos.
- Participaron además las empresas: **Aserradero Ubajay:** aserrado de muestras; **Aserradero Fracalossi Maderas:** aserrado de trozas; **Aserradero Las Marías:** aserrado de trozas; Laminadora y aserradero **Forestadora Tapebicuá:** Test dureza; y Secaderos **Gotttert** ensayos de color.
- En los laboratorios del **INTA Concordia** se llevaron a cabo determinaciones de: densidad, humedad, contenido de cenizas y colorimetría.

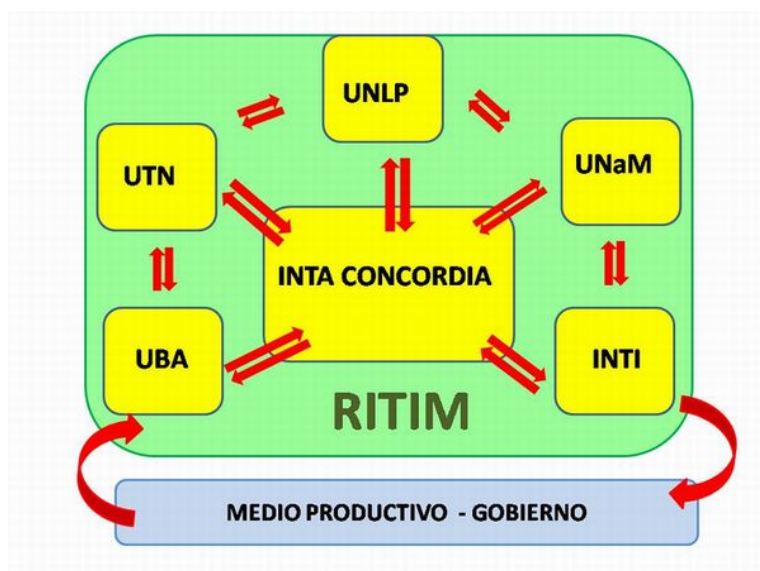


Fig. 4.6 .Esquema de trabajo del INTA interrelacionado con otros centros de la RITIM y el medio.

En función de los ensayos se emplearon las normas usuales para ellos en Argentina, predominando las Normas IRAM y las americanas ASTM en los ensayos físico-mecánicos, las TAPPI en los celulósicos, y las pautas de la AIWA en los anatómicos. En cada uno se citan las normas empleadas.

4.2. Materia Prima:

En todos los ensayos se ha empleado material genético del INTA del nuevo híbrido *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden x *Eucalyptus tereticornis* Smith, que se denomina comúnmente “Híbrido Eg x Et” o “HGxT”, tal como se citará en varias oportunidades.

Debido a lo reciente de la creación de este nuevo híbrido se cuenta con muy poco material adulto para realizar ensayos destructivos. Dado que en su gran mayoría se trata de lotes de ensayos de mejora, se procuran mantener los árboles en pie la mayor cantidad de años posibles.

Por esta situación temporal del híbrido casi no se cuenta con información sobre propiedades de la madera adulta y menos aún realizada con ensayos destructivos, tanto a nivel nacional como internacional. La mayoría del material existente en Argentina es del INTA y el Centro de Investigaciones de Experiencias Forestales CIEF, los que juntos realizaron la introducción, y generaron luego híbridos locales, con árboles madres selectos y polen de árboles plus. Existen en la región unos pocos lotes generados por un vivero privado PAUL FORESTAL, pero que aun son de corta edad. Y este estado de la cuestión proporciona a este estudio su originalidad y la esperada utilidad que tendrá para las tomas de decisiones a nivel gubernamental y de los productores.

En los ensayos que comprenden este trabajo, en la mayoría de los casos se ha utilizado árboles de una parcela de ensayo instalada por el Ing. CARPINETTI, L. en el año 1994 en la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) INTA Concordia, del que se comenzó a extraer muestras a la edad de 9 años, prácticamente la edad de corte en la zona, para luego continuar hasta los 17 años. A estos se les han sumado en algunos ensayos puntuales otros pies más jóvenes plantados por el INTA en la provincia de Entre Ríos, usando árboles de 6 años de edad, (LÓPEZ, J. 2007). En cada ensayo se aclara la procedencia del material.

De todo el material se conoce su origen, historia de los lotes plantados, crecimiento, comportamiento, y se hallan debidamente identificados, lo cual es una ventaja que brinda el trabajar con material genético de instituciones de investigación, tal como se ha citado en otros informes, (SANCHEZ ACOSTA, M. 2011).

Los datos del lote 1994 del ensayo del INTA Concordia son:

EEA INTA Concordia, Entre Ríos, Argentina

- Latitud: 31° 22' S
- Longitud: 58° 07' E
- Altitud: 47,5 msnm
- Suelo: Arenoso Pardo
- Distancia de plantación 3 x 3 m
- Clon N° 128 del híbrido de *E. grandis* x *E. tereticornis*: H GxT

Otros ensayos empleados en los estudios con INTA Bella Vista LOPEZ, J (2007) y materiales comparativos.

Ensayo : Estancia El Payé. Villaguay ER, -Latitud: 31° 51 S, -Longitud: 59° 05'E, -Altitud: 43,0 msnm -Suelo: arcilloso – 6 años · H GxT: clon N°128 del híbrido de *E. grandis* x *E. tereticornis* · ED: semilla de *E. dunnii*. Urbenville. NSW

· HSP: semilla de *E. grandis*. Huerto Semillero de Progenies INTA (La Calera)

· RSSJ: semilla de *E. grandis*. Rodal Semillero San Juan. INTA (F1 Sudáfrica)

Ensayo Estancia San Martín. Gral. Campos: -Latitud: 31° 33'S -Longitud: 58° 24'E -Altitud: 60,0 msnm -

Suelo: Arcillo-Arenoso – 9 años · H GxT: clon N° 128 del híbrido de *E. grandis* x *E. tereticornis*

Clones de primera generación de *Eucalyptus grandis*-INTA · **cl-1, cl-2, cl-36, cl-B, cl-E, cl-G, cl-K:**

Semilla de *E. grandis* (F1 Sudáfrica) · SA:

4.3. Corte y preparación de las muestras para todos los ensayos

El concepto general es que se trata de un estudio para referenciar este nuevo híbrido, por lo que se ha seguido las indicaciones de la norma ASTM D-143 la que fija los criterios para estos casos, indicando como seleccionar los árboles en un número mínimo de 5, en especial para los ensayos con muestras destructivas. Un factor limitante que se tiene es que esa normativa fue pensada para árboles nativos de gran porte, donde se pueden extraer tabloncillos centrales de gran tamaño de las orientaciones N-S y E-O, por lo que en nuestro caso cuando el material no alcanza, se da prioridad a la orientación N-S para todos los casos, pues al tratarse de plantaciones en suelos relativamente llanos se ha comprobado en otros ensayos que no se tiene influencia en la orientación de la toma de muestra. (SANCHEZ ACOSTA, M. 2010)

Dado que la madera se destina a distintos ensayos se trabaja con el siguiente criterio:

Se seleccionan los árboles de porte medio (dominantes y codominantes), sin alteraciones, a los que se les marca el norte previamente el apeo, para luego poder orientar la extracción de las muestras. Una vez apeados se toman los datos dasométricos, DAP, altura total, y diámetro con y sin corteza al 50 % y 75 % de la altura del árbol.

Se obtienen las primeras dos trozas para los ensayos físico-mecánicos (una es de reserva), se procede a obtener 2 discos de 5 cm de espesor de la primera troza, y al 50 y 75 % de la altura del árbol, a los que se les marca el norte, y se destinan para los estudios anatómicos, químicos-celulósicos y energéticos. En cada uno se mide diámetro con corteza, sin corteza, y diámetro de duramen, para determinar la albura. El resto de las trozas se envían a aserrado y laminado, para tener una idea de su comportamiento en esos destinos, que son los más frecuentes en la región.

Parece oportuno señalar que este despiece tiene un elevado paralelismo con el método utilizado en INIA-España encaminado a la caracterización de especies en España y bajo normas de la UE (HERMOSO, E. 2003 - tesis doctoral).

En el caso particular de los ensayos de *índice de rajado* se toman datos al momento de corte y pasado un cierto tiempo (72 hs), a la vez que se preparan tortas para ese fin. Se tienen estudios citados pero no concluidos ni publicados aún.

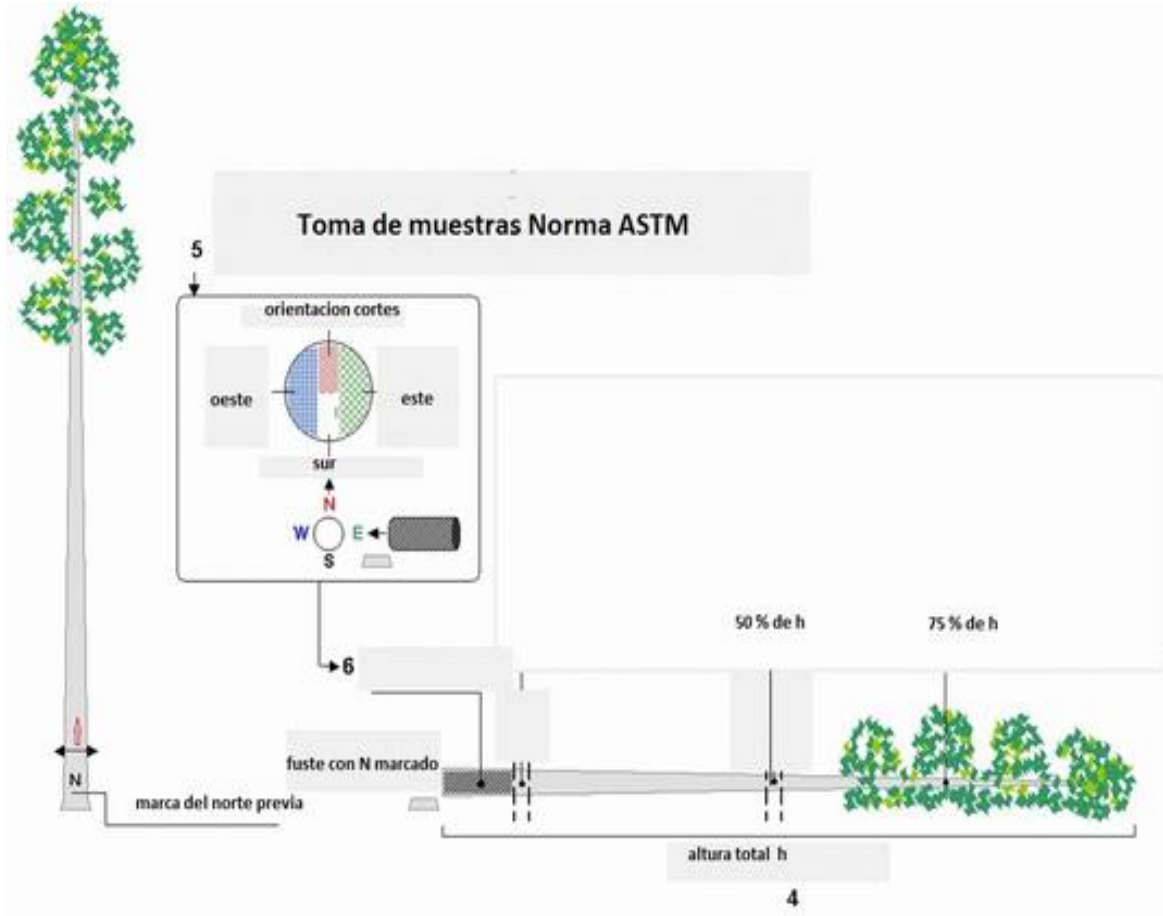


Fig. 4.1. Esquema de apeo y toma de muestras, según Norma ASTM D-143

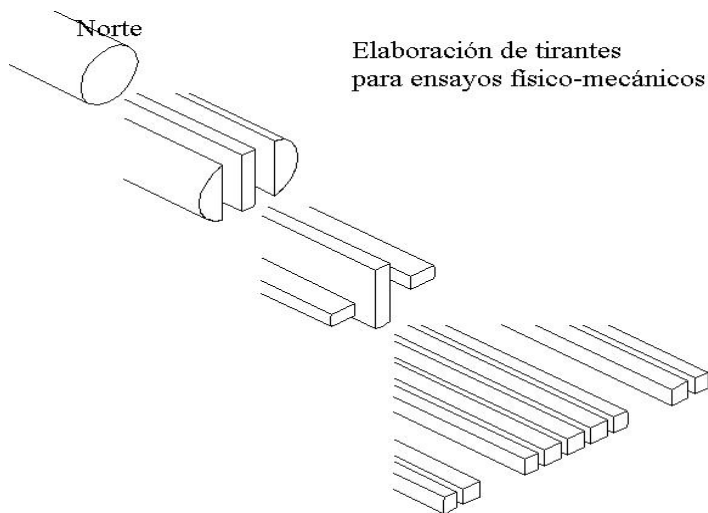


Fig. 4.2. Preparación de tirante según Norma ASTM D-143

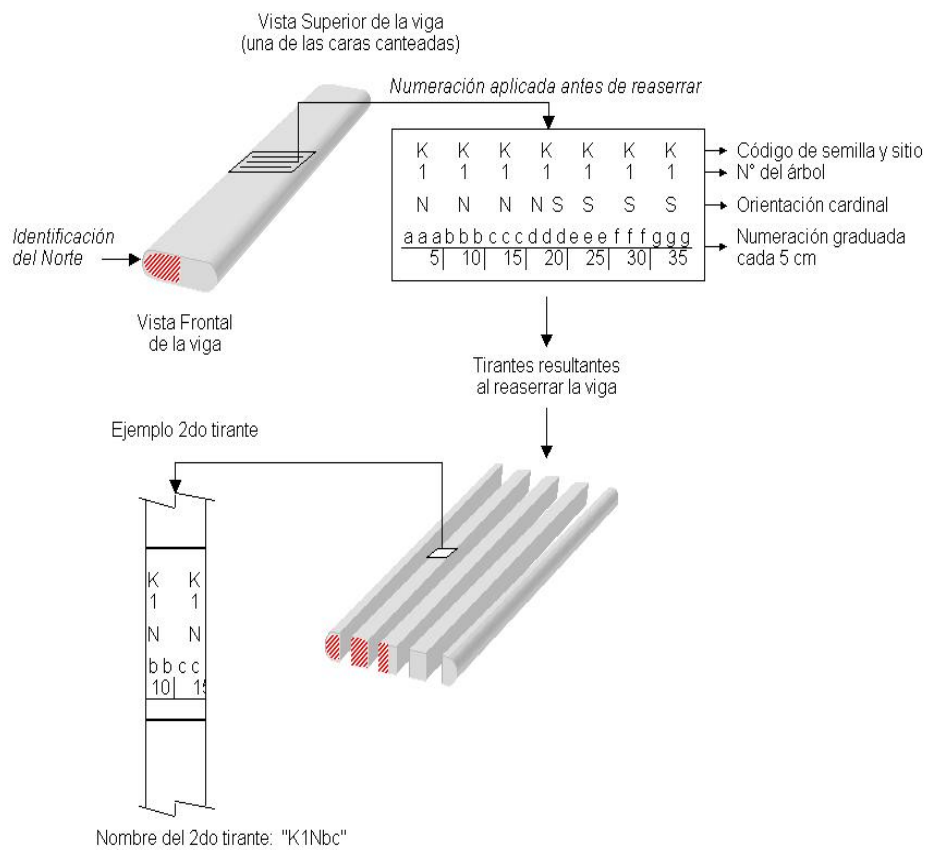


Fig. 4.3 Preparación de listones y marcación para ensayos físico mecánicos

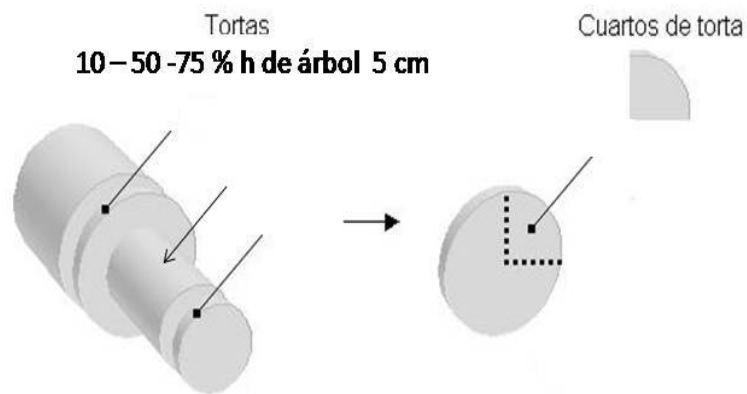


Fig. 4.4. Preparación de discos para estudios anatómicos y celulósicos

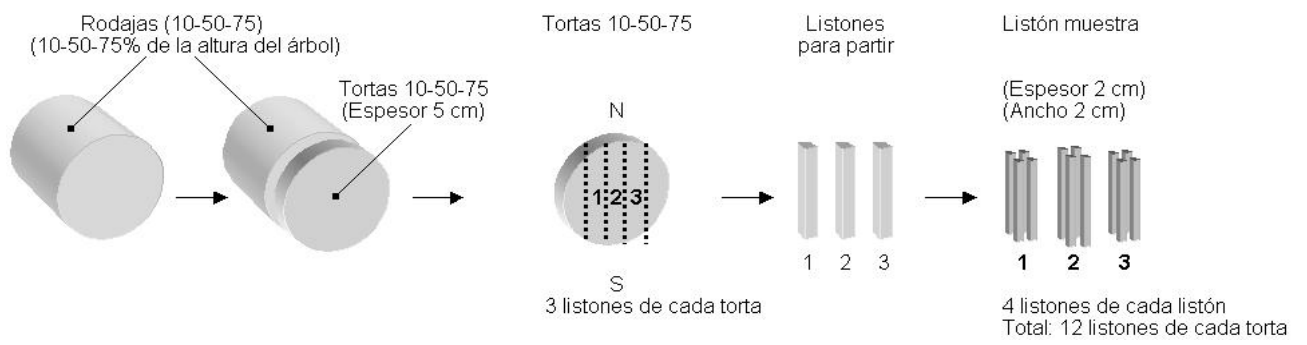


Fig. 4.5. Preparación de discos para estudio energéticos



Fig. 4.6. Marcación del N, apeo, y toma de muestras en INTA con el híbrido Eg x Et

5. Estudios de la madera de *E. grandis* x *E. tereticornis*, comparación con otros eucaliptos.

5.1 Características anatómicas

La madera se forma como resultado de la incidencia de las variables ambientales. Estas variables seguramente difieren de la zona de origen o de la zona donde fueron generadas y probadas en el caso de los híbridos, con lo cual su madera también tendrá diferencias. Es por eso que la recomendación de nuevas entidades biológicas por su buen comportamiento en cuanto a su productividad, para una determinada localidad, debe ir acompañada siempre por el estudio de la madera a nivel estructural y tecnológico. Esto se debe a que el estudio de las características anatómicas de la madera permite relacionarlas con las propiedades tecnológicas y finalmente con el comportamiento del producto final elaborado, (SPARNOCHIA, L, 2007).

Desde el auge de las plantaciones, en los años 80 ha sido preocupación del INTA contar con información xilológica que permita identificar y conocer la estructura anatómica de los eucaliptos plantados en Argentina. Numerosos estudios anatómicos del xilema secundario de *Eucalyptus* han sido realizados por diferentes autores a nivel internacional y en Argentina (METCALFE & CHALK, 1950; INGLE & DADSWELL, 1953; DADSWELL, 1972; RAGONESE, 1976, 1977; WILKES, 1988), citados por SPARNOCHIA, L (2007).

La peculiaridad de los eucaliptos de no formar anillos verdaderos y su estructura anatómica particular, hicieron que el INTA Concordia comenzara a trabajar en conjunto con la Cátedra de Dasonomía de la Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires- UBA, y con la Cátedra de Dendrología de la Facultad de Agronomía y Ciencias Forestales de La Plata UNLP. Esta relación le ha permitido a su vez recurrir a otras facultades, cuando se requirió equipamiento especializado, como el caso de Microscopios Electrónicos de Barrido de Veterinaria, Museo de La Plata y Ciencias Exactas de la UBA.

Por ello se estudió inicialmente el *Eucalyptus grandis* como especie, luego sus orígenes y procedencias, para en la actualidad avanzar en el estudio de los nuevos híbridos del *grandis* con otras especies como el caso de *E. tereticornis* y *E. camaldulensis*.

A continuación se describen los datos relevantes de dos estudios abordados por el INTA Concordia, realizados con el híbrido *E. grandis* x *E. tereticornis*, uno en los inicios en 2003, donde se lo analizó comparándolo con el *E. maculata*, y otro, mas en detalle realizado recientemente en octubre de 2011, donde se lo compara con otro nuevo híbrido, *E. grandis* x *E. camaldulensis*, y se lo referencia a su progenitor *E. grandis*, debido a que se trata de la especie más abundante en Argentina, y es a la que se le quieren mejorar características de su madera. Los estudios se hicieron en coordinación con las universidades citadas, participando los investigadores Stella RIVERO, Silvia MONTEOLIVA, Juan COCO, UNLP y Lucía SPARNOCHIA, UBA, y los Ing. Ciro MASTRANDREA, Juan LÓPEZ y Martín SÁNCHEZ ACOSTA del INTA.

Los resultados se comparan con *Eucalyptus grandis*, como testigo, por ser la especie progenitora de referencia.

Los estudios comenzaron con el trabajo *Características Anatómicas de la Madera de Eucalyptus maculata y del Híbrido Eucalyptus grandis x Eucalyptus tereticornis, cultivados en Concordia, Entre Ríos*, donde se

comparó por primera vez este híbrido con otra especie prometedora como *E. maculata*, llevado a cabo en la Universidad de la Plata, con una primera descripción desde el punto de vista macro y microscópico. Y, como se comentará, en la actualidad se llevan estudios más exhaustivos, junto al híbrido de *E. grandis* x *E. camaldulensis*.

De los citados trabajos se tiene la siguiente información:

5.1.1 Material y método:

En la primera determinación el material de estudio consistió en muestras de madera del híbrido Eg x Et, de un ensayo instalado en la Estación Experimental INTA Concordia, con la edad de 9 años, y en el segundo caso se obtuvieron de los ensayos correspondientes al Proyecto específico de INTA Concordia “Mejoramiento Genético de *Eucalyptus* subtropicales y templados húmedos para usos de alto valor (PNFOR-041121)”, instalado en Concepción del Uruguay, Entre Ríos -

Los árboles muestreados se cortaron a los seis años de edad. El material consistió en listones cortados en sentido Este-Oeste a la altura del pecho (DAP). Se muestrearon tres híbridos del cruzamiento, y de cada híbrido se muestrearon cinco clones. Respecto del testigo, *Eucalyptus grandis*, obtenido de semilla (Huerto Semillero de Sudáfrica HSS), se muestrearon cinco individuos entre dominantes y codominantes. Un aspecto importante es que la identidad botánica está asegurada por contar esta institución con los antecedentes del material genético y ejemplares de herbario correspondientes.

Las descripciones anatómicas se basaron en la terminología correspondiente al Glosario de la Asociación Internacional de Anatomistas de Madera (IAWA).

Estudios macroscópicos:

Se hicieron observaciones sobre superficies pulidas en sus 3 secciones de estudio: Corte Transversal (CTr.), Corte longitudinal radial (Clg.rd.) y Corte longitudinal tangencial (C.lg.tg.). Para ello se utilizó una lupa binocular (12x) y una lupa de mano (8x).

En cuanto al color, las categorías que se usaron para este análisis fueron extraídas del trabajo *The anatomy of Eucalypt woods* utilizadas por Dadswell en 1972, estas fueron:

A: color trigo; amarillo levemente amarronado; marrón pálido y/o marrón pálido levemente coloreado

B: marrón y/o marrón levemente coloreado;

C: marrón rosado;

D: rojizo amarronado;

E: rojizo amarronado oscuro; marrón oscuro; marrón chocolate

Estudios microscópicos:

Para las características microscópicas las muestras fueron procesadas según las técnicas histológicas de coloración convencionales (D'AMBROGGIO, 1986). Se confeccionaron cubos de 2 cm de lado de los últimos anillos, orientando correctamente sus secciones de estudio. Estos cubos fueron ablandados para poder realizar los cortes con un xilótomo. Los cortes se realizaron con un espesor de aproximadamente 25 μm en las secciones longitudinales y 50 μm en la sección transversal, para su observación microscópica.



Fig. 5.1.1. Toma de muestras del disco - cubos con cortes orientados – detalle con lupa

La coloración de los cortes se realizó utilizando safranina al 1 % en alcohol al 50%. La descripción microscópica se realizó con un microscopio óptico ZEISS (Zeiss, Oberkochen, Germany) Phomi III. La técnica de coloración se basa en pasajes de los cortes por agua, hipoclorito, y luego alcoholes, colorantes y xilol, debiendo destacarse que los excedentes de este grupo de elementos son totalmente recuperables una vez empleados. Los cortes del micrótopo se colocan en agua destilada, Se clarifican con hipoclorito de sodio al 50% (vaciado) hasta casi transparencia, lavar varias veces con agua destilada (5-6 veces), pasar por alcohol 70°, colorear con safranina diluida al 1%, 2 a 5 minutos, lavar con agua destilada, montar con gelatina-glicerina. Las paredes secundarias lignificadas se tiñen de rojo intenso y también las cutículas, los parénquimas toman color rosado. Los preparados coloreados se fijan en forma definitiva en portaobjeto con bálsamo de Canadá o resina.



Fig. 5.1.2. Pasos en la coloración de cortes con micrótopo

Las descripciones anatómicas se basaron en la terminología correspondiente al Glosario de la Asociación Internacional de Anatomistas de Madera (IAWA). Para las descripción de los ornamentos de las punteaduras intervasculares se utilizó “VP” (vestured pits) y “VW” (vestured walls), (JANSEN, 1998).

Para los Disociados de la madera se usó una mezcla de agua oxigenada y ácido acético glacial 50:50. Las mediciones de los distintos elementos se hicieron en un microscopio óptico modelo Visopán de proyección REICHERT, con reglilla incluida.

Se realizaron 50 mediciones por cada variable, y se obtuvo la media y la desviación standard. Para el porcentaje de radios uniseriados y biseriados y parcialmente biseriados, se tomaron 20 mediciones de radios de distintos campos en el microscopio.

Para discernir entre el tipo de radio, se utilizó la siguiente clasificación: Se contó el número de células de alto del radio y se calculó que porcentaje del radio era uni o biseriado. Si el 60 % o más del radio era uniseriado, se lo consideró como tal; si el 40% o menos era uniseriado, se lo consideró como biseriado, y si este porcentaje variaba entre 40 y 60 %, se lo consideró parcialmente biseriado.

Estudio ultraestructural:

Se utilizó un Microscopio electrónico de barrido ambiental (ESSEM). En el primer estudio los especímenes fueron dispuestos, sin tratamiento previo, directamente sobre la platina de un microscopio Philips XL 30 adosado con microsonda dispersiva de energía para análisis. Se utilizó un detector GSE, una aceleración de voltaje entre 10,0-20,0 kV y condiciones de presión variable entre 0,8-1,5 Torr. Se realizaron observaciones ultraestructurales en vista superficial de los cortes y de los disociados. En el segundo caso se empleó un mismo tipo de MEB sobre las tres secciones, siendo que las muestras se metalizaron con Paladio Oro (60-40%).



Fig. 5.1.3 Microscopio Electrónico de Barrido MEB

5.1.2. Resultados y consideraciones: De ambos estudios se tiene:

5.1.2.1. Macroscópico

Color : Respecto al color de la madera, como muchas otras características, varía entre especies del mismo género, incluso levemente entre muestras tomadas del mismo árbol. El rango en colores para la especie es muy marcado, pero en general, las especies pueden ser clasificadas ampliamente como “blancos y colorados”. (DADSWELL, 1972). El análisis de las muestras estudiadas resultó en que: *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus tereticornis*: Presenta una variabilidad de color entre D-E; es decir, rojizo amarronado a rojizo amarronado oscuro. Algunas veces las especies pueden caer en la clasificación de ambos grupos, tal como es el caso de *E. Maculata*. (DADSWELL, 1972).

Se ha observado que los híbridos *E.grandis* x *E.tereticornis*, y el testigo *E.grandis* presentan características anatómicas típicas a las que corresponde a este género, Villegas y Rivera (2002). La porosidad es difusa, con una disposición de los poros en diagonal, con poros solitarios en su mayoría, Fig 5.1.4., y con poros reunidos en múltiples cortos y agrupados.

Los anillos de crecimiento no están demarcados. Los elementos vasculares presentan perforaciones simples y tabiques levemente inclinados. Las punteaduras intervasculares son alternas no coalescentes, pequeñas a medianas ornadas con diferencias marcadas entre el testigo *E. grandis* y los híbridos. El diámetro tangencial medio del lumen de los vasos se encuentra en los materiales analizados dentro del rango entre 100-200 μ . El número de vasos por mm cuadrado también se encuentra en los materiales dentro del mismo rango entre 5-20 vasos. (IAWA)

El parénquima axial se presenta paratraqueal vasicéntrico, confluyente y unilateral, y apotraqueal difuso y difuso en agregados. Hay presencia de traqueidas vasculares y vasicéntricas, y fibrotraqueidas.

Los radios en su mayoría son uniseriados, presentando el híbrido *E.grandis* x *E.tereticornis* una mayor frecuencia de radios parcialmente biseriados. Las células que componen el cuerpo de los radios son procumbentes con una o dos hileras de células cuadradas o erectas marginales.

Se detectó presencia de tílides, siendo menos abundante en el híbrido Eg x Et, las cuales resultan responsables de la impenetrabilidad del duramen.

Tabla 5.1.1. Descripción Macroscópica Eg x Et

Híbrido Eg x Et	
Porosidad	Difusa distinguible con lupa
Disposición de Vasos	Diagonal
Anillos	Sin demarcación
Parénquima	Paratraqueal vasicéntrico y apotraqueal difuso, no visible con lupa
Radios	Angostos
Albura- Duramen	Diferenciación marcada

5.1.2.2 Microscópico:

A continuación se muestran Imágenes del híbrido Eg x Et, obtenidas con microscopio óptico en la UNLP.

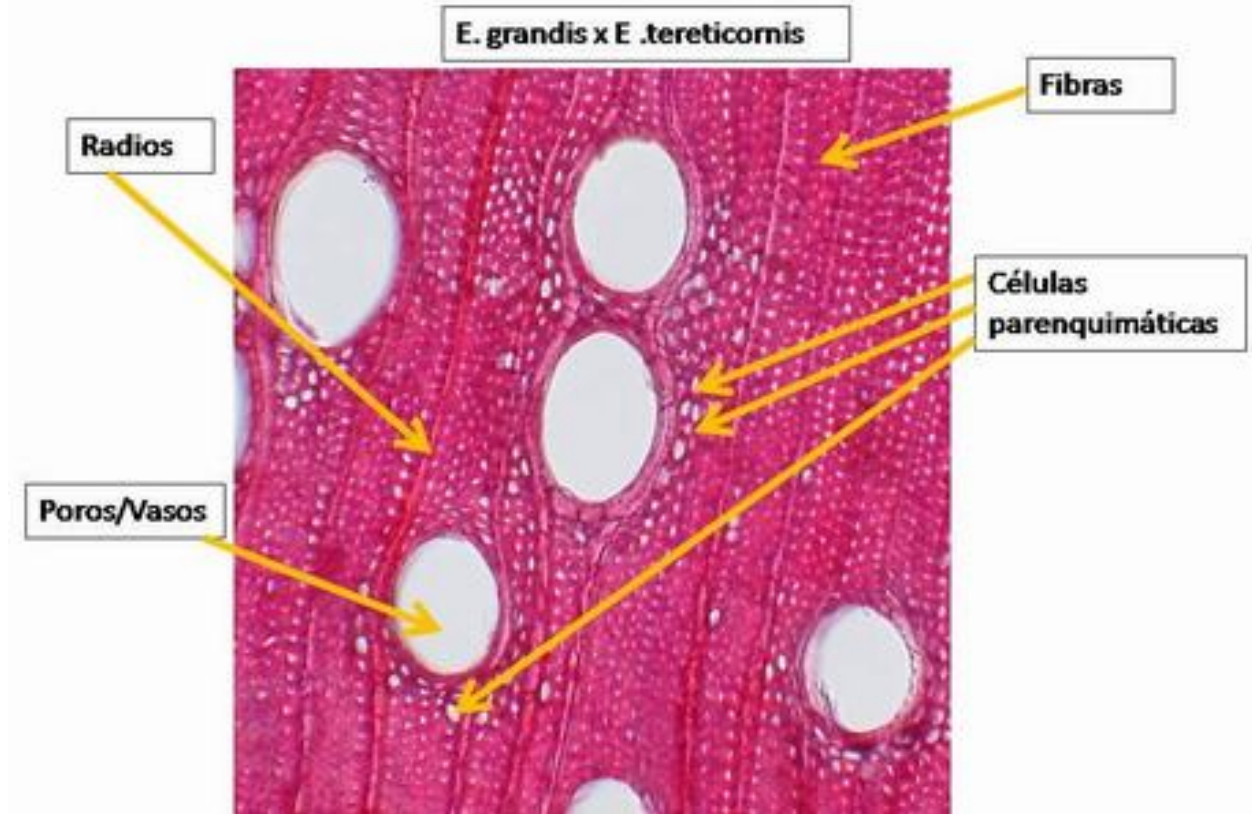


Fig. 5.1.4 Corte transversal Eg x Et - Elementos

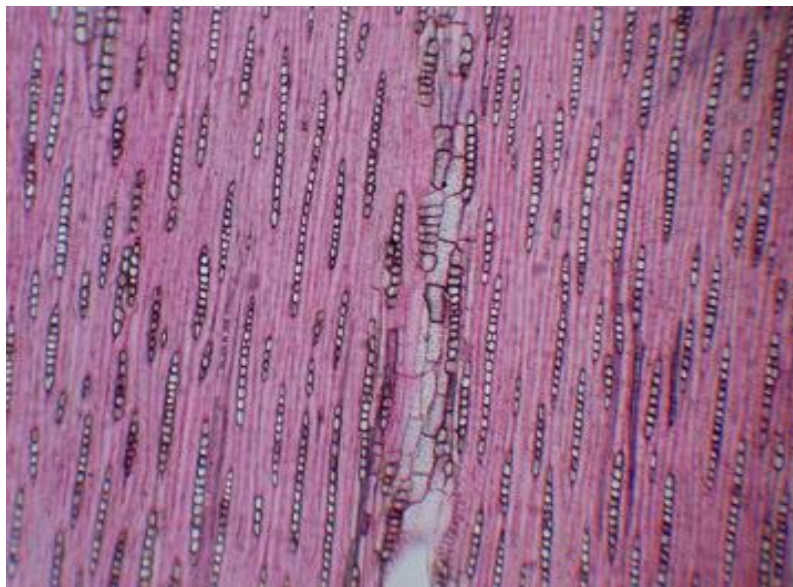


Fig. 5.1.5. Eg x Et: Corte Longitudinal Radial

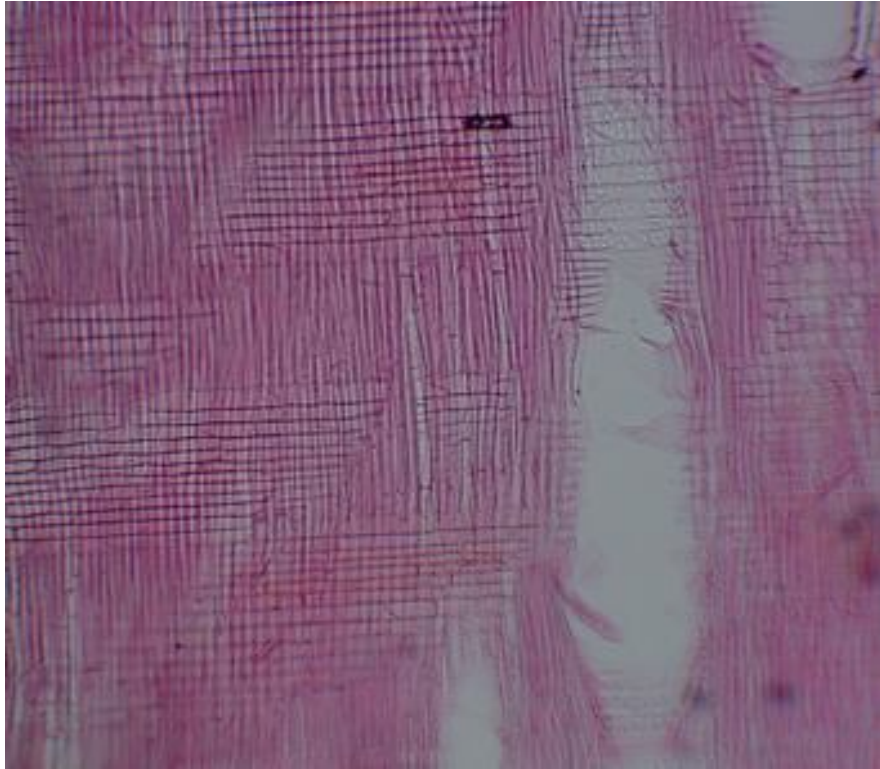


Fig. 5.1.6. Eg x Et: Corte Longitudinal tangencial – campos de cruzamiento

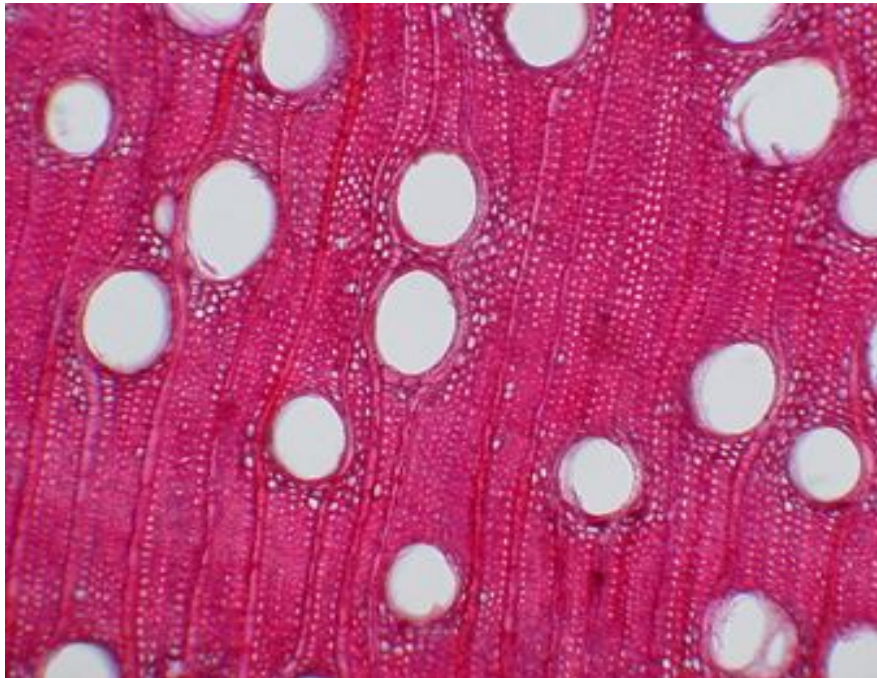


Fig. 5.1.7 Eg x Et: Corte Transversal – vasos y parénquima

Como resultados en la tabla 5.1.2. se describen las características macroscópicas; en la Tabla Nº 5.1.3. se indican las medidas de los elementos anatómicos, figurando entre paréntesis el rango de valores. En la tabla 5.1.4. consta la proporción de los distintos tipos de radios; y en la tabla 5.1.5. se describen las características microscópicas.

Tabla 5.1.2. Parámetros y resultados de la descripción microscópica. COCO, J (2006) SPARNOCHIA, L (2007)

Híbrido E. g x Et	
Corte Transversal (CT):	
Anillos de crecimiento	Sin demarcación
Porosidad	Difusa
Vasos	Gran número de vasos solitarios, ovals Con escasas tílides
Radios leñosos	De trayecto recto
Parénquima	Parénquima paratraqueal vasicéntrico
Fibras	Pared celular relativamente gruesa menor a E maculata
Corte longitudinal tangencial (Cl_t)	
Radios	Radios uniseriados casi exclusivamente (97%).
Contenidos	Sin contenidos
Vasos	De trayecto rectilíneo
Corte longitudinal radial (Cl_r)	
Radios	Homogéneos de células procumbentes, pero mas cortas
Fibras	
Contenidos	No se observan
Traqueidas Vasculares	Medianamente abundantes

Tabla 5.1.3. Medidas de los elementos anatómicos (entre paréntesis figura el rango de valores observados)

Especie	Diámetro tangencial	Longitud de Vasos	Longitud de	Nº de vasos
<i>Eucalyptus grandis x</i>	155.23	522.09	1600	13
<i>Eucalyptus tereticornis</i>	(117.19-193.27)	(408.7-635.48)	(1850-1350)	(8-19)

Tabla 5.1.4. Proporción de los distintos tipos de radios

Especie	% de radios	% de radios	% parcialmente
<i>Eucalyptus grandis x</i>	97.15	2.48	1.37
<i>Eucalyptus tereticornis</i>	(90.25-104.05)	(4.37-0.59)	(1-1.74)

A continuación se muestra una imagen a escala de microscopio de la presencia de tílides, responsables de la obturación de los vasos, hecho importante en relación a la impregnación de la madera.

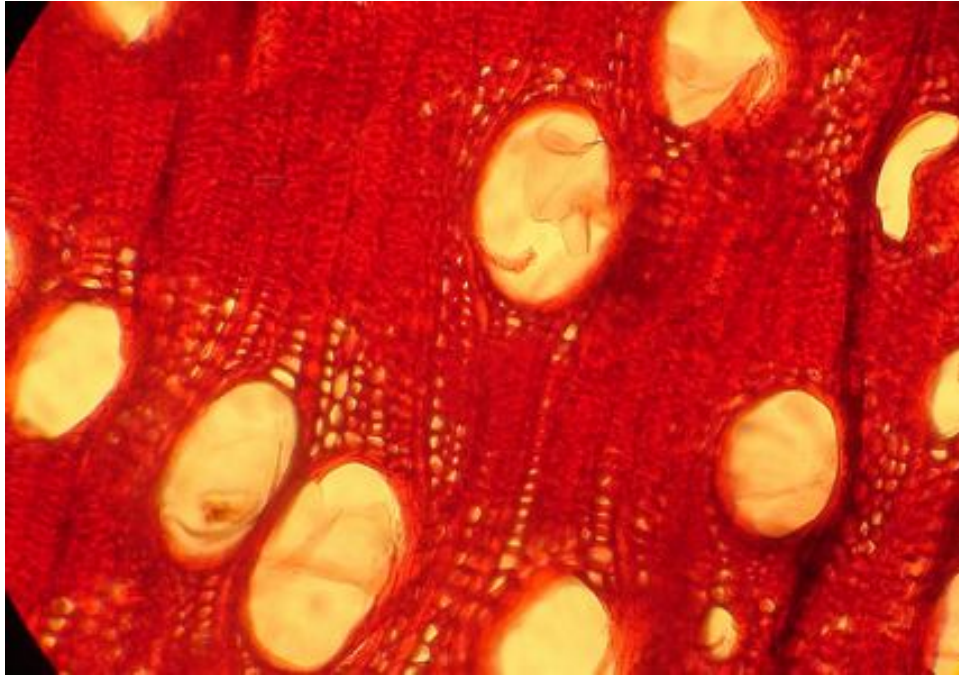


Fig. 5.1.8. Imagen microscopio óptico: Presencia de tíldes

En la tabla 5.1.5. se comparan los datos del híbrido Eg x Et y su progenitor *E. grandis*

Tabla 5.1.5 Características anatómicas de testigo *E. grandis* y del híbrido *E. grandis* x *E. tereticornis*

Carácter	<i>Eucalyptus grandis</i>	<i>E.grandis</i> x <i>E.tereticornis</i>
Anillos de	No Demarcado	No demarcado
Porosidad	Difusa	Difusa
Disposición de poros	Diagonal	Diagonal
Agrupación de Poros	Solitarios	Solitarios
Puntuaciones Intervasculares	Areoladas alternas circulares ornadas	Areoladas alternas ovales ornadas
Tipo de ornamento:	Presencia en VP; poco abundante en VW	Presencia en VP y muy abundante en VW
Presencia de traqueidas	Si	Si
Presencia de fibrotraqueidas	Si	Si
Grosor de Pared de Fibras	Muy finas	Finas a gruesas
Parénquima Axial	Paratraqueal vasicéntrico unilateral y	Paratraqueal vasicéntrico y vasicéntrico
Trayectoria de los vasos	Rectilínea	Rectilínea
Radios	Mayoría uniseriados	Mayoría uniseriados baja frecuencia de
Composición celular de los	Cuerpo del radio con células	Cuerpo del radio con células
Nº de radios/mm lineal	Entre 4-12 (10)	Entre 4-12 (11)
Altura de los radios	130-360 μ	130-350 μ
Nº de vasos/mm ²	Entre 5-20 (12)	Entre 5-20 (14)
Diámetro tangencial medio	Entre 100-200 μ (137 μ)	Entre 100-200 μ (123 μ)
Albura-Duramen	Diferenciada	Diferenciada
Color de la madera	Coloreada, rosa.	Coloreada, pardo rosada oscura

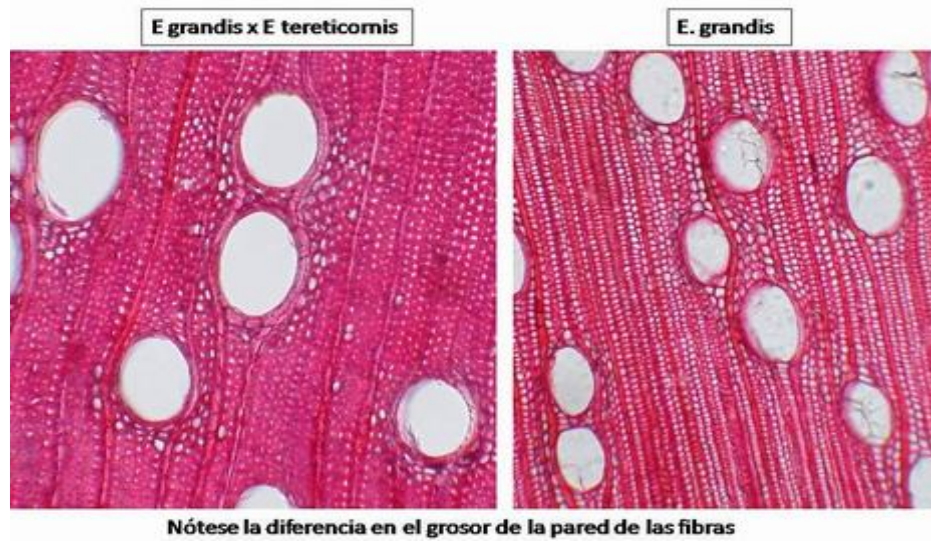


Fig. 5.1.9. Comparación de cortes transversales de Eg x Et con *E. grandis*

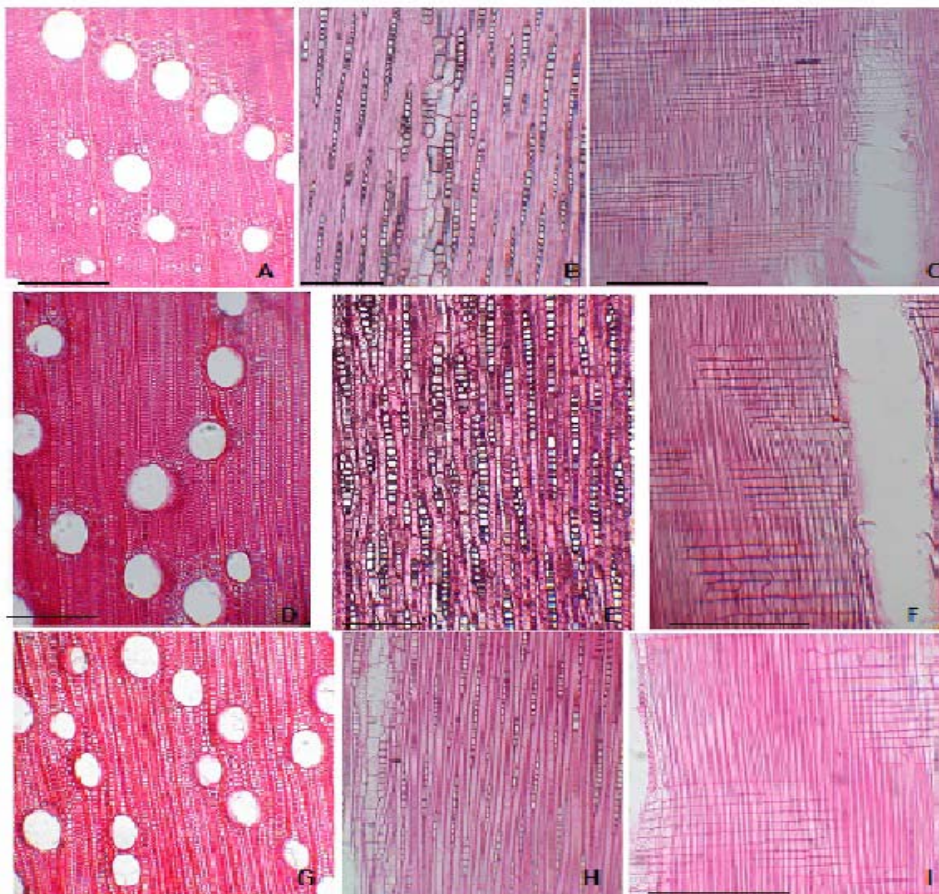


Fig. 5.1.10. Microscopio Óptico (MO). Fotos A-C: E.gxEt A: C Tr, B: Cl tg, C: Cl rd : vasos. Fotos D-F: Eg x Ec. Fotos G-I: *E. grandis*: G: CTr.; H: Cltg. : radios uniseriados, I: Clrd.

5.1.2.3. Ultraestructura

La observación de la ultraestructura de la madera permitió determinar con mayor detalle las características del leño del material estudiado. Del primer estudio se obtuvieron las imágenes de MEB.

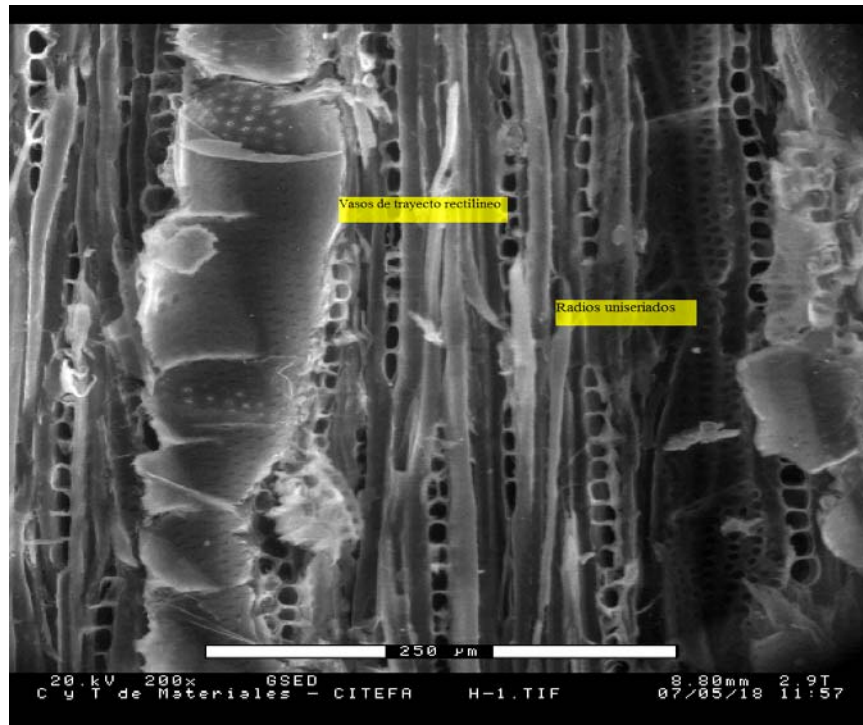


Fig. 5.1.11. Corte longitudinal tangencial

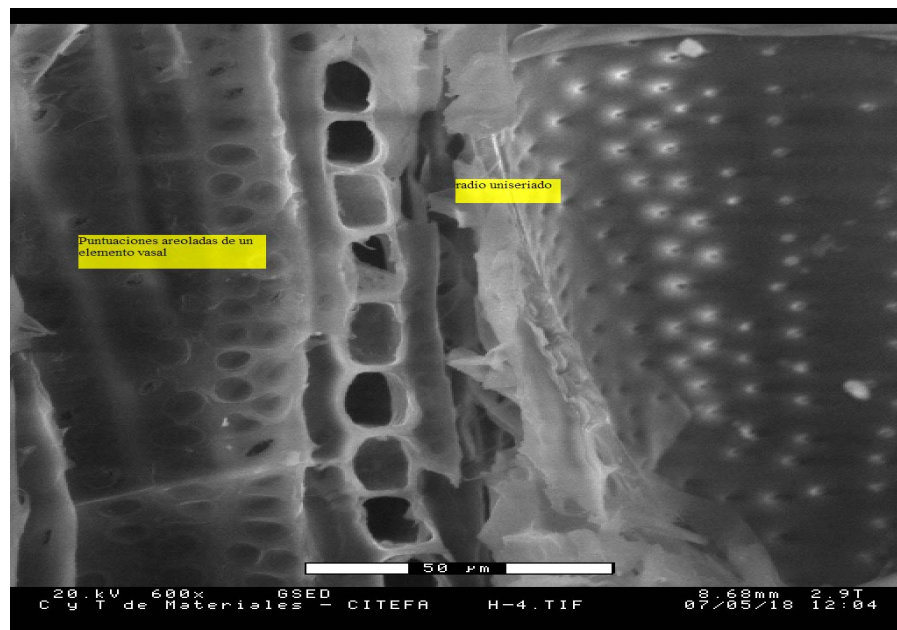


Fig. 5.1.12. Corte longitudinal tangencial $Eg \times Et$, Vista con Microscopio electrónico (Essem)

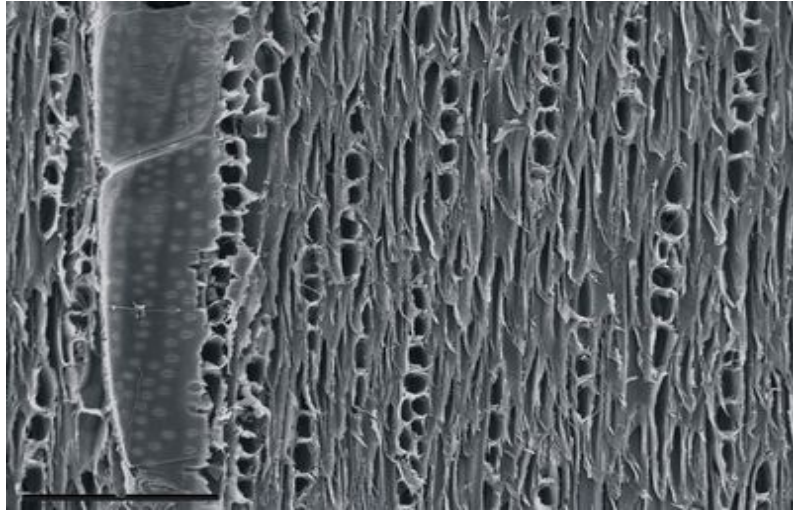


Fig. 5.1.13. Corte longitudinal *Eg x Et* con MEB. Vasos

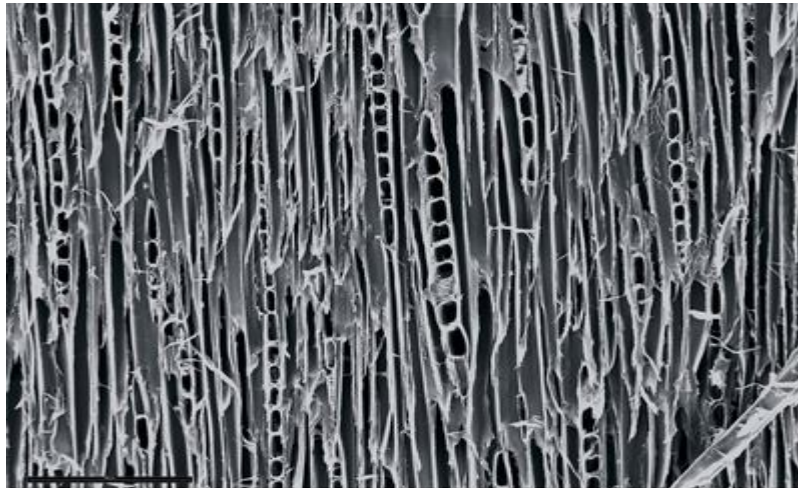


Fig. 5.1.14. Corte longitudinal *Eg x Et* con MEB: Radios.

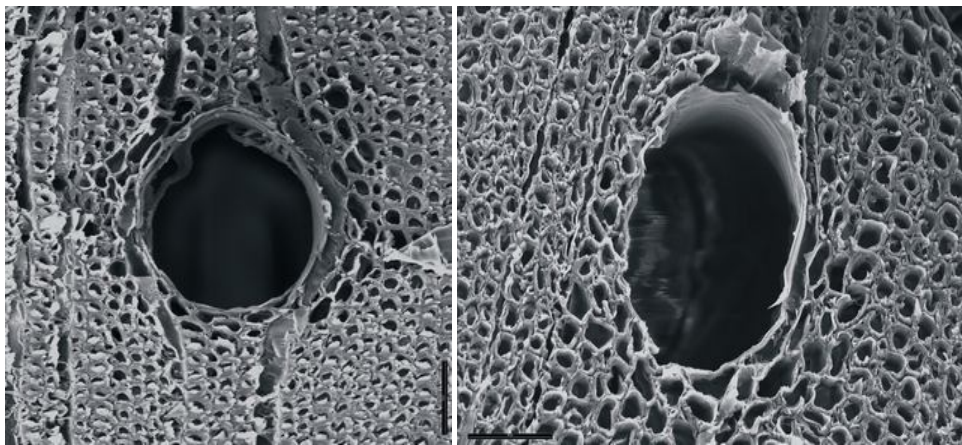


Fig. 5.1.15. Corte transv. MEB: Izquierda: vasos de *Eg x Et* - Derecha: vasos en *E. grandis*

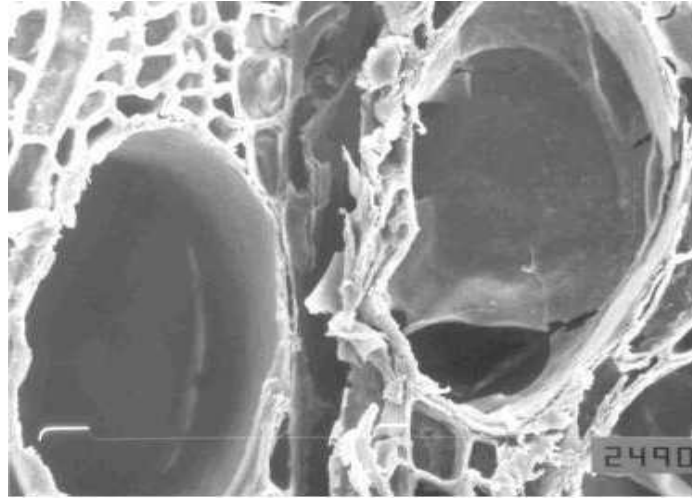


Fig. 5.1.16. Tíldes: imágenes obtenidas con MEB

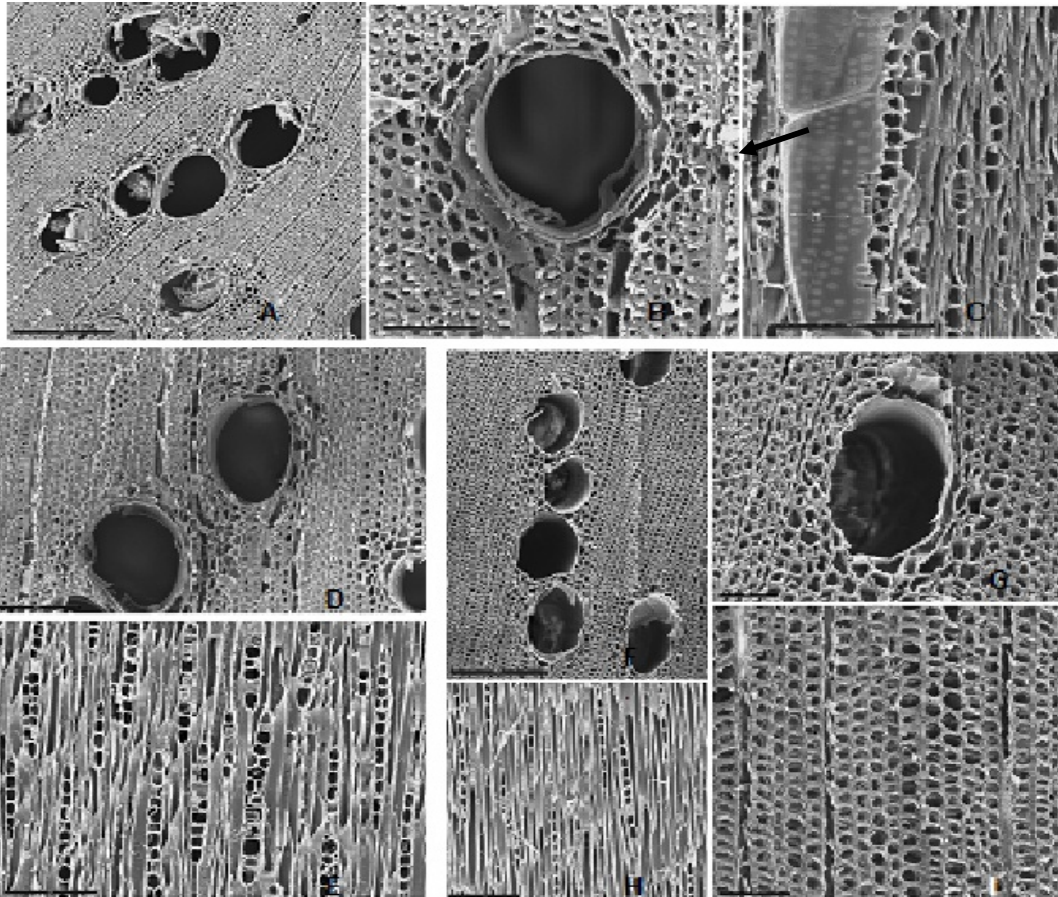


Fig. 5.1.17. Microfotografías con MEB. Fotos A-C: *E. g x E. t*. Fotos A y B: CTr, C: Cltg., Flecha: vasos. Fotos F-I: *E. grandis* testigo (huerto semillero); F, G e I: CTr.; H: Cltg.

Punteaduras intervasculares

Las punteaduras, o puntuaciones, intervasculares ornadas son proyecciones de la pared secundaria que crecen hacia la cámara de la puntuación, (JANSEN, et al. 1998, 2008). Estas puntuaciones se encontraron como un carácter común en especies típicas de ambientes templados cálidos y en donde se presentan sequías periódicas. Este carácter aparentemente no es frecuente en especies de climas fríos. Las punteaduras intervasculares ornadas serían una adaptación para evitar la formación de burbujas de aire, cumpliendo un rol importante en el flujo de agua entre los vasos.

Cabe destacar lo referido a la presencia de ornamentos en las puntuaciones, la que no es exclusiva de este género ya que numerosos géneros presentan esta característica, pero permite marcar características diferenciales. Este ha sido tal vez uno de los puntos principales donde se ha encontrado diferencias apreciables. Se pudo observar una marcada diferencia en la forma de las puntuaciones intervasculares ornadas (Fig 4.2.18) citadas en la tabla 5.1.5.

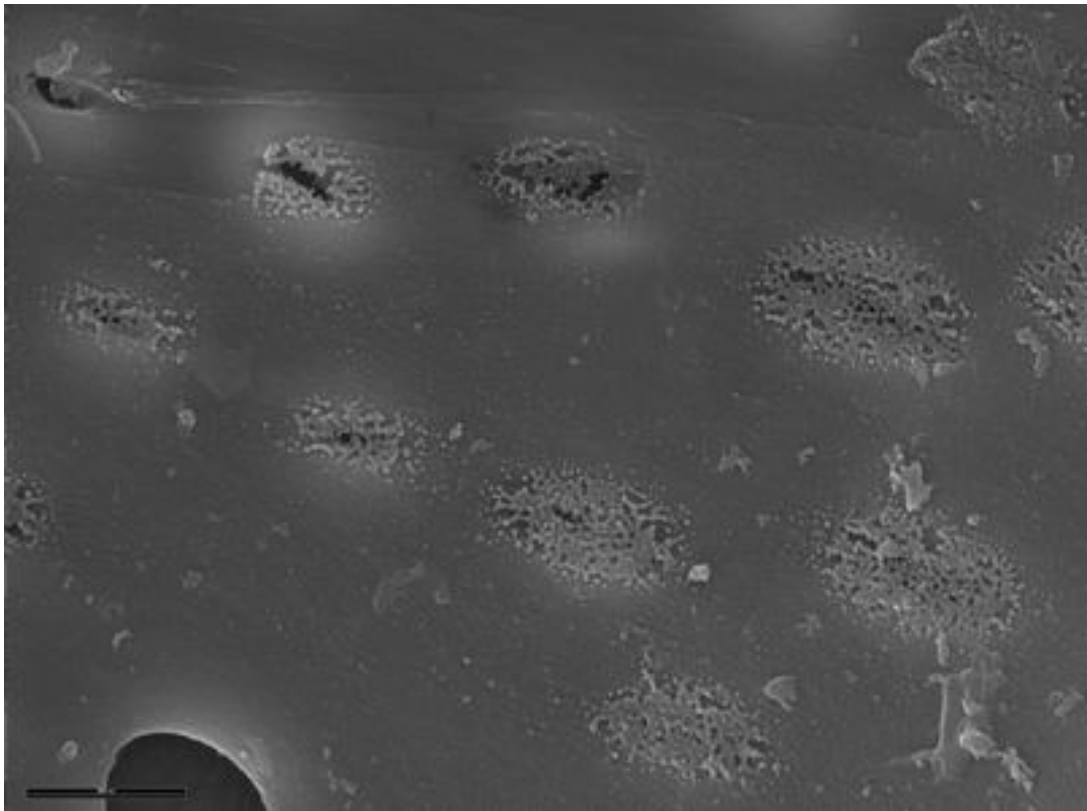


Fig. 5.1.18. Punteaduras intervasculares en Eg x Et

A continuación se efectuaron comparaciones de las punteaduras del hírido E g x E t, con su progenitor *E. grandis*, pudiendo observarse diferencias, que podrían ser empleadas en el futuro para su identificación.

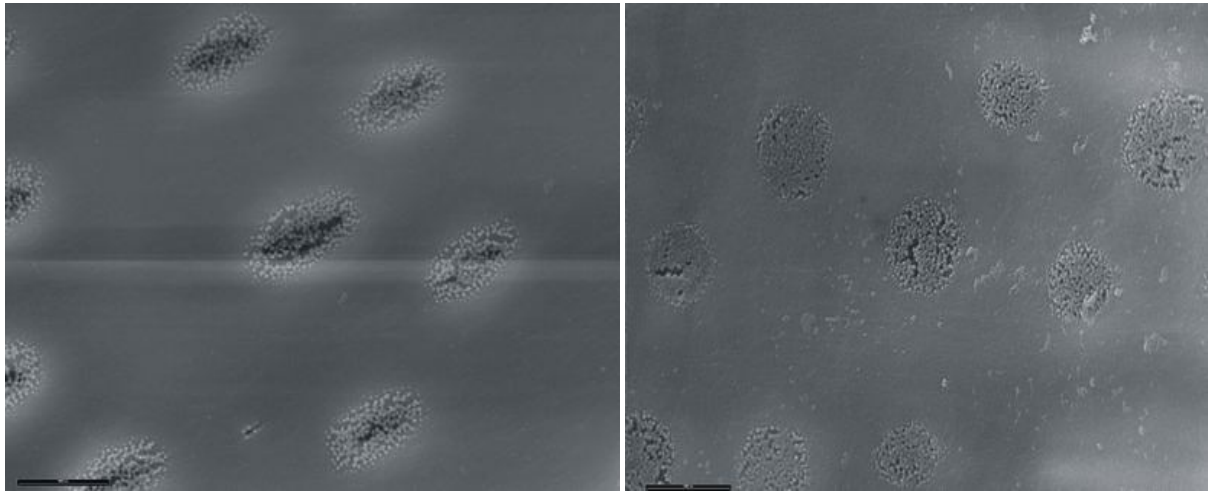


Fig. 5.1.19. Comparación de puntaciones intervasculares: Izq. *Eg x Et* – der. *E. grandis*

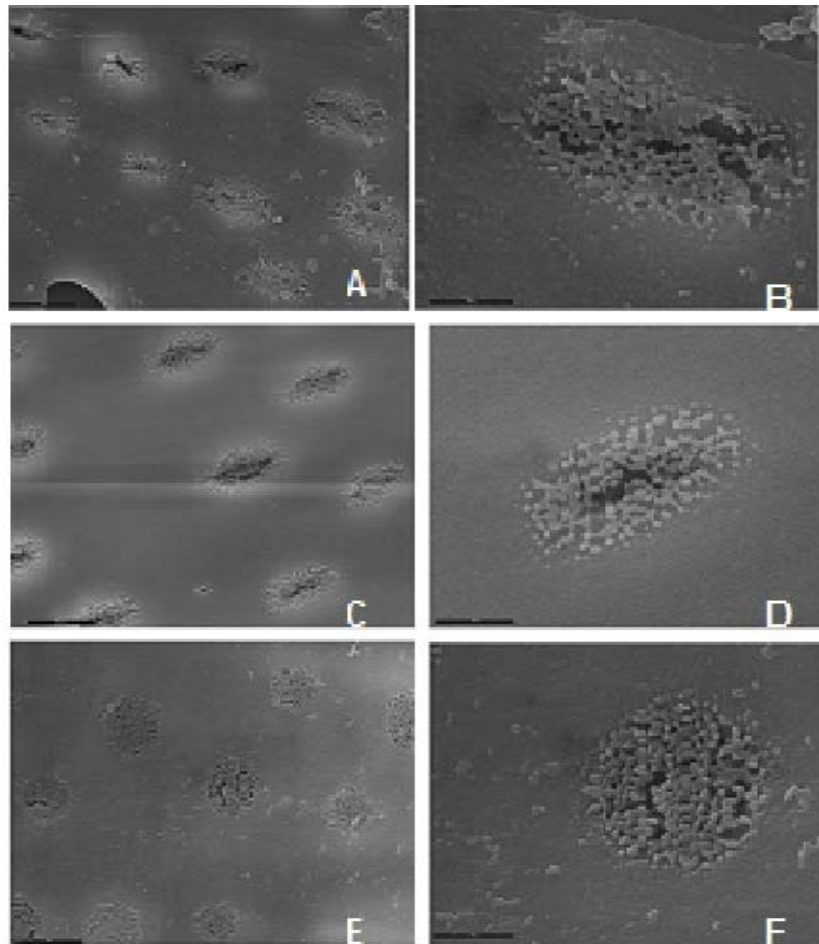


Fig. 5.1.20. Microfotografías con MEB de: Fotos A-B: *E. grandis* x *E. tereticornis*, Cltg, punteaduras intervasculares ornadas. Fotos E y F: *Eucalyptus grandis* testigo (huerto semillero)

5.1.2.4. Consideraciones en Características Anatómicas

En relación a la anatomía y las propiedades de la especie, en particular en lo referido a la mayor resistencia de este híbrido, en parte podría deberse a que, como sugiere CARLQUIST, 1988 es que la hipótesis más firme es que la presencia de ornamentos en las puntuaciones incrementa el área superficial de la zona, con lo cual se mantiene una mayor tensión hídrica de la región previniendo la formación de burbujas de aire o sea embolismos.

Por otro lado la presencia de traqueidas en la madera se debería a la gran seguridad que le confieren estos elementos, fundamentalmente en plantas que presentan stress por sequía, al sistema conductivo; siendo considerado un carácter relíctico, (CARLQUIST y HOEKMAN, 1985, citado por SPARNOCHIA, L. 2011)

5.1.2.5. Conclusiones: Características Anatómicas

Se pudieron detectar marcadas diferencias entre los materiales en el tipo de puntuaciones intervasculares ornadas.

- De estos trabajos surge como una primera descripción: que *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus tereticornis* presenta: diferenciación marcada entre albura y duramen, variabilidad de color de duramen entre D-E (Daswell); es decir, rojizo amarronado a rojizo amarronado oscuro.

- Anatómicamente presenta: porosidad difusa, con una disposición de los poros en diagonal, con poros solitarios en su mayoría, Fig. 1 y 2, y con poros reunidos en múltiples cortos y agrupados. Los anillos de crecimiento no están demarcados. Los elementos vasculares presentan perforaciones simples y tabiques levemente inclinados. Las puntuaciones intervasculares son alternas no coalescentes, pequeñas a medianas ornadas con diferencias marcadas entre el testigo *E. grandis* y los híbridos. El diámetro tangencial medio del lumen de los vasos se encuentra en los materiales analizados dentro del rango entre 100-200 μ . El número de vasos/mm² también se encuentra en los materiales dentro del mismo rango entre 5-20 vasos. El parénquima axial se presenta paratraqueal vasicéntrico, confluyente y unilateral, y apotraqueal difuso y difuso en agregados. Hay presencia de traqueidas vasculares y vasicéntricas, y fibrotraqueidas. Los radios en su mayoría uniseriados, presentando el híbrido *E.grandis* x *E.tereticornis* una mayor frecuencia de radios parcialmente biseriados. Las células que componen el cuerpo de los radios son procumbentes con una o dos hileras de células cuadradas o erectas marginales. con presencia de tílides

- El equipo de trabajo de Dendrología de la UNLP-UBA-INTA recomienda continuar profundizando en el análisis de características y propiedades de la madera de estos materiales, en particular lo relacionado a puntuaciones intervasculares, que podrían aportar un elemento para la selección temprana en mejoramiento referido a tolerancia a sequía.

- Las características de la madera de *E. grandis* x *E. tereticornis*, presenta las características típicas del género, en ciertos casos con valores intermedios entre sus progenitores y no se han detectado características que pudieran ser limitantes en su empleo.

- Por su similitud podría emplearse en los usos sólidos habituales del *E. grandis*, mejorando en ciertos casos la prestación por ser más denso pero debiendo tenerse en consideración que es más rojizo.

- Como un avance en el conocimiento de esta nueva madera sería aconsejable continuar con una segunda etapa de información más detallada relativa a la anatomía y la estabilidad dimensional y rajaduras a nivel de empleo comercial, factor de este de importancia práctica y económica en el género eucalipto.

En resumen, no se han encontrado limitaciones que impidan la recomendación de su difusión en plantaciones en escala comercial

5.2. Características químico – celulósicas

A principios de los años 2000, ya se comenzaba a vislumbrar la aptitud y comportamiento del híbrido Eg x Et, a nivel de ensayos. Dado que en esa época comenzaban a funcionar las plantas de tableros aglomerados y MDF, prácticamente la única alternativa para enviar los residuos de aserradero y del monte era la industria celulósica. Por ello se tornaba imperioso comenzar a estudiar las características celulósicas de este nuevo material genético, ya que tanto los residuos de su aserrado, como el material de poco diámetro de la cosecha tendrían como casi única salida este destino.

Como se citara comentará, la industria del aserrado produce sólo un 50% de productos por lo que el resto del material resultante (costeros, recortes, despuntes, etc.) debe comercializarse para que la ecuación económica cierre. Asimismo al poder recurrir este híbrido a zonas marginales también se contemplaba la posibilidad de realizar plantaciones con fines celulósicos.

Por ello es que ya en el año 2004 el INTA Concordia comenzó a realizar actividades conjuntas con el laboratorio del Programa de Investigación de Celulosa y Papel- PROCYP de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales- Universidad Nacional de Misiones.

Al igual que en los estudios anatómicos en un principio se estudió este híbrido en forma paralela al *E. maculata*, para luego pasar a compararlo con su progenitor *E. grandis*.

En los primeros estudios, con madera de 9 años, cercana al turno habitual de aserrado, se realizó el análisis químico celulósico elemental de la madera, que incluye la determinación de solubles en alcohol, benceno, agua caliente, lignina Klason soluble e insoluble y celulosa Seifert, complementado con mediciones de color.

Actualmente, septiembre de 2011, y como parte de un proyecto de estudio de la morfología fibrosa del *Eucalyptus* de la Mesopotamia Argentina se continúa estudiando al híbrido Eg x Et para lograr información sobre la madera de los primeros años de crecimiento de la especie antedicha, que normalmente se denomina 'madera juvenil'. Se realizaron mediciones en sentido radial de los troncos para tratar de definir hasta que edad se producen las modificaciones anuales en las propiedades y características de la madera. Se trabajó con densidad y con longitud de fibra con árboles de 11 años de edad, resultados que aun no han

sido publicados y se presentaron en el Congreso Internacional de Celulosa y Papel en San Pablo, Brasil, en el 2012.

En estos estudios participaron los profesionales del PROCYP, María Cristina AREA y Carlos NÚÑEZ, con quienes ya se venía trabajando en investigaciones sobre distintos orígenes y procedencias de *E. grandis* por lo que se cuenta también con información para efectuar su comparación.

5.2.1. Materiales y métodos

El material empleado han sido ejemplares plantados en la estación INTA Concordia, y los datos corresponden a las edades de 9 y 20 años. Los discos para su análisis se obtienen a la altura de pecho, al 50 y 75 % de la altura total de árbol. En todos los caso se registraron los datos dendrométricos de los ejemplares

Habitualmente se observaron visualmente para detectar posibles defectos de la madera, nudos, quino, etc., no se hallándose defectos relevantes en ninguna muestra.

Para el caso del análisis químico-celulósico, se partieron por la mitad los discos y se cortaron con serrucho fracciones de un centímetro de espesor para que pudieran ingresar en el soporte de muestras del fotómetro de medición de color (colorímetro). Del resto se extrajeron sectores circulares sobre la base de un ángulo de 30° para las rodajas de espesor promedio y luego éste se fue modificando de acuerdo al espesor de las otras rodajas para hacer un muestreo representativo del volumen real de cada grupo.

Para la preparación del material para los análisis químicos se siguió en general la norma TAPPI T 264 cm-97, que se resume a continuación. Las muestras fueron troceadas de manera manual, para poder introducir las en el molino tipo WILEY donde se las molió. La molienda fue controlada para evitar exceso de temperatura. El material fue pasado por tamiz de mesh 40 a medida que se efectuaba la operación, hasta que aproximadamente un 85% del material pasó por dicha malla. De esta manera se obtuvieron dos cantidades de aserrín de alrededor de 400 gramos, el cual fue cuarteado hasta separar la cantidad requerida para los análisis químicos.

5.2.2.1. Métodos empleados en el análisis químico

Preparación de la muestra para análisis químicos: Norma TAPPI T 264 cm-97

Determinación de solubles en alcohol benceno: Norma TAPPI T 204 cm-97

Determinación de solubles en agua caliente: Norma TAPPI T 207 cm-99

Determinación de lignina insoluble en ácido: Norma TAPPI T 222 om-98

Determinación de lignina soluble en ácido: Método TAPPI UM 250

Determinación de celulosa: Método según SEIFERT.

Corrección de resultados:: Es importante aclarar la forma en la que se expresan los resultados, dado que se realizó un análisis acumulativo de todas las sustancias, no previsto en las normas TAPPI. La determinación de alcohol benceno, que se realizó sobre la madera tal cual no sufrió ninguna corrección. La determinación

de solubles en agua caliente que se hizo sobre madera extraída con alcohol benceno, y las de celulosa y lignina que se hicieron sobre madera extraída en alcohol benceno y agua caliente, se corrigieron a madera total según la extracción efectuada.

% corregido = % según norma x f donde f = (100 - Σ de los % extraídos con anterioridad) / 100

5.2.1.2.-Método para determinación de color:

Para la lectura de color y blancura se cortaron secciones de poco espesor de las rodajas, y los cortes nuevos se pulieron con lija esmeril hasta mesh 150.

Se utilizó el método L a*b* de caracterización de colores, que utiliza un valor de luminosidad (blancura), y dos parámetros (a y b) que definen un color en un sistema de coordenadas cartesianas en el que se hallan cuatro colores: amarillo, rojo, azul y verde (Figura N°1). +a indica color amarillo, -a color azul, +b color rojo y -b color verde. En general las maderas se circunscriben al cuadrante del rojo y el amarillo. El valor de luminosidad se da en % sobre una escala en el que el 0% es la falta completa de reflexión y el 100% un valor de reflexión igual al que recibe la superficie del instrumento en el espectro del verde.

5.2.1.3. Método para el análisis de las fibras

Se emplearon rodajas de tres alturas: de pecho es decir 1,30 m; de 50% y 75% de la altura comercial del fuste, a excepción del M332 que tenía solamente rodajas de dos alturas. Los diámetros se muestran en la Tabla siguiente.

Tabla 5.2.1. Diámetros a diferentes alturas de las rodajas utilizadas (en cm)

clon	Ø AP	Ø 50%	Ø 75%
M332	32	26	26
M375	30	19	13
M376	30	19	12
M377	30	21	12

Se extrajo un sector de cada rodaja de aproximadamente 35º para poseer una alícuota radial del xilema de cada tronco. Se fraccionan los sectores circulares por medio de formón rajando el total de los mismos en sentido longitudinal en prismas de aproximadamente 4 - 5 mm de ancho, o bien en escamas de poco espesor, por la longitud correspondiente a la rodaja, guardando una banda para observar los cortes de madera sólida. Estos prismas, o escamas, se saturan con agua caliente, dejándolos por 24 hs.

A continuación se efectúa el disgregado de los tejidos por medio de la técnica del *clorito - ácido acético* utilizado para realizar deslignificaciones controladas, (JAYNE, B.. 1959) (Canadian Pulp and Paper Association. Clorite Delignification of Cellulosic Materials. Useful Method G.10U (1990)) utilizando una variante previamente desarrollada (NUÑEZ, C y PAVLIK, C. 1999) en la que se llega solamente a N° kappa 20 - 25, completando el disgregado con solución de carbonato de sodio. En estas condiciones la pared primaria queda casi intacta, y las fibras se mantienen rígidas y con poco daño físico mecánico.



Fig. 5.2.1 Extracción de muestras del disco y preparación de prismas

Los prismas de madera se impregnan con agua durante un día a 60 - 80° C y se colocan en un matraz con tapa esmerilada que contiene una solución de clorito de sodio al 15%, y se le agrega ácido acético puro. En este medio ácido el clorito se descompone y forma el gas dióxido de cloro (de color amarillo anaranjado) que ataca selectivamente la lignina sin dañar prácticamente los polisacáridos de la pared celular. La madera se deja en este medio por 4 - 5 días a temperatura ambiente o 12 horas a 60 - 70° C. Si es necesario se cambia una vez el clorito de sodio. Después de terminado el tratamiento con dióxido de cloro la madera se saca, se lava y se coloca en una solución de carbonato de sodio al 20%.



Fig. 5.2.2 Tratamiento con dióxido de cloro

La muestra tratada con dióxido de cloro se coloca a hervir con solución de carbonato de sodio al 20% que tiene una alcalinidad controlada. De esta manera se hace soluble la lignina que ya se encuentra degradada, tanto la de la lámina media como la de la pared celular. El hervido se hace en un balón a reflujo que no requiere estar agregando agua para mantener el nivel. El tratamiento dura hasta que una muestra tomada de la masa se pueda disgregar fácilmente. Generalmente 2 a 3 horas. En las imágenes se observa el material sacado de la solución de carbonato de sodio. A la izquierda tal cual y a la derecha lavado repetidas veces con agua. Se observa parcialmente disgregado pero hay que terminar la operación con agitación mecánica.



Fig. 5.2.3 Hervido en carbonato de sodio - salido del carbonato

Se coloca en un vaso con agitador mecánico y se hace actual hasta que todo o casi todo el material quede disgregado.

El material disgregado se lava otra vez, se hace una suspensión en agua y se filtra a través de una malla metálica de mesh 270, formándose las hojas de ensayo, figura 5.2.4. De estas hojitas se corta una pequeña porción, se hace una suspensión muy diluida en un tubo de ensayos y se realizan los preparados para observación microscópica (se brindan mayores detalles en el sitio www.cenunez.com.ar)



Fig. 5.2.4 Disgregado – Formación de hojas de disgregado

El material disgregado se lavó y se colocó en un vaso de cuatro litros, del que se sacó con agitación la fracción para los preparados de microscopía. Esta parte de la preparación se hizo siguiendo en general los lineamientos técnicos de ISEMBERG (1967). y HILLTON (1970).

Los cortes al micrótopo se realizaron del mismo disco de dónde se obtuvieron los prismas, separando pequeños cubos de aproximadamente 1 cm de lado que fueron hervidos en agua hasta que poseyeran la elasticidad necesaria para realizar los cortes sin que se dañen los tejidos.

Se extendió 1 ml de la suspensión fibrosa previamente diluida en cada extremo del cubreobjetos y se colocó en estufa a 60° C hasta evaporación del agua. Las fibras secas fueron teñidas con una solución

mezcla de anaranjado de acridina y safranina escurriendo el exceso de colorante y se volvieron a secar. Sobre los dos extremos secos se agregó una gota de resina sintética y se agregaron sendos cubreobjetos.

Para la observación de la madera sólida los cubos se colocaron en un micrótopo de deslizamiento y se cortaron las láminas de aproximadamente 15 micras de espesor que se tiñeron con el mismo colorante de las fibras, se secaron en estufa y se montaron con resina sintética en portaobjetos con cubreobjetos. De esta manera las lecturas realizadas, tanto en disgregados como cortes, *corresponden a las fibras en estado seco*.

Se trató de que hubiera 100 fibras en cada lado de los preparados, pero puesto que ello es muy difícil, se fue estimando su cantidad y midiendo las fibras alternadas, es decir cada tres o cuatro que pasaran por el campo. En todos los casos se midieron alrededor de 200 fibras de cada muestra. Ello es necesario por la variabilidad de la población y la autoclasificación que se produce durante la evaporación del agua en el secado de la muestra.

Tanto las longitudes como los anchos y espesores de pared se midieron en un analizador de imágenes utilizando herramientas de medición manual. Ésta forma resultó tener la exactitud necesaria, a diferencia de las lecturas realizadas por medio de las herramientas automáticas del programa.

Para las longitudes se utilizó un aumento de 40 X y para los anchos y espesores el máximo permitido con el equipo, es decir 1000 X con inmersión. Se siguió con el cursor la línea central del eje de las fibras desde un extremo al otro, y para las dimensiones transversales se midió la distancia entre los bordes de la fibra y los del lumen en dos sitios, con la mayor separación posible que permitía la pantalla. El lugar de la medición no se eligió, sino que correspondió al sitio que aparecía en la pantalla a partir del barrido de la superficie del preparado. Los espesores de pared se midieron restando del ancho de fibra el ancho del lumen y dividiendo por 2. A partir de las longitudes y los anchos de fibra se calculó el coeficiente de filtrabilidad (F) con la fórmula:

$$F = \text{longitud}/\text{ancho}.$$

Las densidades de las rodajas de madera se determinaron por el principio de Arquímedes utilizando rodajas secas a la estufa que luego de enfriadas y pesadas se sumergieron en agua, midiendo el empuje y corrigiendo el peso de agua absorbido por medio de una nueva pesada.

Los valores de la tabla 5.2.7 son promedios de seis árboles de *E. grandis* y los tres con tres alturas del híbrido en estudio, ponderados en función al diámetro de las rodajas correspondientes.

La conversión entre densidades secas y básicas se determinó en un trabajo previo de NUÑEZ, C. (2007).

5.2.2. Resultados

5.2.2.1. Color y blancura:

En la tabla 5.2.2 se transcriben los resultados de las lecturas de color y blancura de las superficies transversales de las rodajas. Se realizaron mediciones en los cortes pulidos y en las caras originales, es decir las que corresponden al aserrado en origen, aclarando que, dado que el equipo requiere una superficie de

lectura considerable, de unos 30 cm², el número de ellas que se pudieron realizar dependió del radio de los sectores circulares correspondientes. Por ello en la tabla se detallan una o dos lecturas. El término ‘centro’ significa medición cercana a la médula y el ‘cambium’ al borde exterior cercano a la corteza, sin que ello signifique que se pudiera distinguir entre albura y duramen. Ello en el caso del híbrido hubiera sido conveniente por la diferencia de color entre ambos sectores.

Tabla 5.2.2. Parámetros de luminosidad y color de *E grandis* x *E. tereticornis*

Muestra	Código	Lumin.	L	a*	b*	Observac.
E.g.x t. DAP	7	22,3	65,5	12,1	19,7	Corte nuevo centro
E.g.x t. DAP	8	21,9	63,7	7,1	17,7	Corte nuevo cambium
E.g.x t. DAP	9	8,2	49,4	13,5	26,8	Corte original cambium
E.g.x t. 50%	10	20,5	64	14,3	20,2	Corte nuevo centro
E.g.x t. DAP	11	21	62,7	7,7	17,5	Corte nuevo cambium
E.g.x t. DAP	12	10,2	54,2	17,9	28,0	Corte original centro
E.g.x t. DAP	13	12,4	56,1	13	25,5	Corte original cambium

En el gráfico de la figura N° 5.2.5 se puede observar la diferencia general del color de ambas maderas. Los puntos índigo de forma de rombo corresponden al *E. maculata* que se encuentran más cercanos a las coordenadas que los puntos circulares marrones del híbrido de color más intenso. El punto 9 del híbrido se ubica dentro de los del *E. maculata* debido a que es un corte nuevo y de zona de albura, lo que implica que dicha fracción del híbrido posee color semejante al de la madera de *E. maculata*. También se pueden observar entre los cortes nuevos y los originales, que hay mayor variación con el estacionamiento en el caso del híbrido.

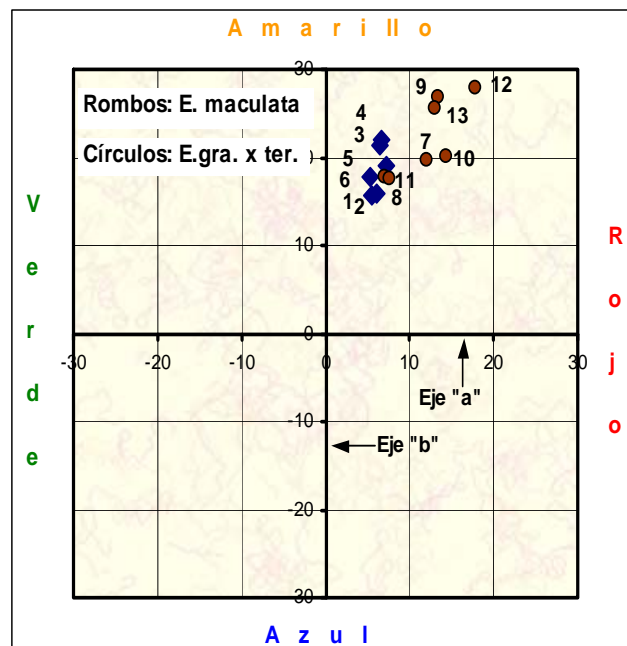


Fig. 5.2.5 Gráfica de valores de L, a*, b* de color *Eg x Et* comparadas con *E. maculata*

En el caso de la luminosidad, aunque el mayor valor corresponde a *E. maculata*, no se pueden sacar otras conclusiones. Posiblemente debido al tamaño pequeño de las muestras hay valores de difícil explicación al compararlos entre ellos. Si se puede observar que los tres valores más bajos, puntos 3, 4 y 9, corresponden a cortes originales de las rodajas.

5.2.2.2 Análisis químico

En la tabla siguiente se detallan los valores de los análisis químicos obtenidos. En la última fila se muestran los análisis químicos de *E. grandis*, para comparación.

Tabla 5.2.3. Resultados en % del análisis químico acumulativo de *Eg x Et.*, comparado con *E. grandis*

Muestra	Ref.	Ext .ol-ben	Extr. agua	Tot.	Lig insol	Lig solub	Lignina	Celulosa	Hemic.
E gr x Et.	Repet. a	1,78	1,61	3,39	27,72	2,25	29,97	42,85	23,79
	Repet. b	1,82	1,59	3,41	27,92	2,10	30,01	43,06	23,53
	Promedio	1,8	1,6	3,4	27,8	2,2	30,0	43,0	23,7
	Promedio	2,0	1,4	3,4	25,1	3,1	28,1	45,7	23,5

Comparando con el rango habitual de la composición química del *Eucalyptus grandis* para la región mesopotámica Argentina, que se muestra en la tabla siguiente, se tiene que los valores encontrados para el híbrido *Eg x Et.*, prácticamente se encuentran todos dentro del rango posible del *E. grandis*, con la única excepción de la lignina que es ligeramente superior.

Tabla 5.2.4. Composición química, rangos de valores *Eucalyptus grandis* en la Mesopotamia (NUÑEZ, C)

	Rango %
Solubilidad en alcohol – benceno (ácidos grasos, hidrocarburos, polifenoles parc.etc) (1)	1,5 – 2,2
Solubilidad en agua caliente (azúcares, amiláceos, sales parciales, resto polifenoles, etc.) (2)	1,5 – 2,5
Lignina soluble (2)	2,9 – 3,4
Lignina insoluble (2)	24,0 – 27,0
Lignina total (2)	27,0 – 32,0
Celulosa (2)	44,0 – 51,0
Cenizas (1)	0,1 – 0,3

(1) Sobre madera seca sin extraer (2) Sobre madera extraída y referido a madera seca original.

Con respecto al híbrido *E grandis x tereticornis*, se observa que posee composición química semejante al *E grandis*, aunque con un poco más de lignina. Sin ser una norma, es frecuente el aumento de lignina en los híbridos. En particular si tienen más densidad.

5.2.2.3 Estudio de las fibras

En el año 2006 se realizaron estudios comparativos de *E. grandis* con *E. maculata*, y por primera vez se analizó una muestra del híbrido *Eg x Et.*, para contar con datos de referencia (NUÑEZ, C.; SANCHEZ ACOSTA, M. 2006), a continuación se citan los resultados de una muestra de *Eg x Et.* de Longitudes, ancho, espesor

de pared y coeficiente de filtrabilidad materiales estudiados. AP: altura de pecho, 50% corresponde a la altura comercial del fuste. DS: desviación estándar, Fiel: coeficiente de filtrabilidad. Valores en micras.

Tabla 5.2.5. Resultados en 2006 del estudio de fibras de de Eg x Et. valores en micras

Árbol	Altura	Longitud μ		Ancho de fibra μ		Espesor de pared μ		F
		Long.	DS	Ancho	DS	Esp. Pared.	DS	
Eg x Et (2006)	DAP	919	214	13,3	4,5	2,4	0,4	69
	50%	982	163	12,7	3,2	4,3	0,7	77
promedio		950		13		3,5		73

Ya en el 2011 se trabaja con más cantidad de individuos. Se analiza la morfología fibrosa de cuatro individuos del híbrido en cuanto a los parámetros biométricos de longitud, ancho y espesor de pared de fibra a dos o tres alturas del fuste. Como dato complementario se comparan los resultados con los del *Eucalyptus grandis*. A continuación se citan las medias de los datos de cada disco, con el número de mediciones, al pie se consigna la media ponderada de los valores principales.

Tabla 5.2.6 Valores de las mediciones biométricas de las muestras estudiadas de 4 clones.

Árbol	Altura	Longitud μ			Ancho de fibra μ			Espesor de pared μ			F
		nº medic.	Long.	DS	nº medic.	Ancho	DS	nº medic.	Esp. Pared.	DS	
M332	AP	203	935	206	197	12,0	3,6	197	2,9	0,7	78
	50%	197	897	212	204	11,4	3,4	204	2,9	0,7	79
	No det.	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
M375	AP	244	937	223	199	11,8	3,2	199	2,7	0,5	79
	50%	199	896	240	201	11,6	3,5	201	2,5	0,5	77
	75%	210	827	193	203	10,3	3,0	203	2,7	0,7	80
M376	AP	210	945	225	204	11,9	3,6	204	3,0	0,7	79
	50%	209	914	231	192	11,2	3,6	192	3,2	0,8	82
	75%	202	853	210	191	10,8	3,4	191	3,0	0,7	79
M377	AP	202	935	199	199	11,9	3,5	199	3,1	0,8	79
	50%	208	898	204	205	11,6	3,6	204	2,9	0,8	77
	75%	203	850	193	198	10,8	3,3	193	3,0	0,7	79
media pond.			903			11,5			2,9		79
Eg x Et (2006)			950			13			2,3		73

Notas: 'F' corresponde a coeficiente de filtrabilidad. Los valores de distancias se dan en micras.

El análisis de los datos de la Tabla 5.2.6 revela que los cuatro individuos estudiados resultaron ser muy homogéneos tanto en cada altura entre sí, como en sus variaciones a lo largo del fuste. Ello se puede observar en la figura 5.2.6

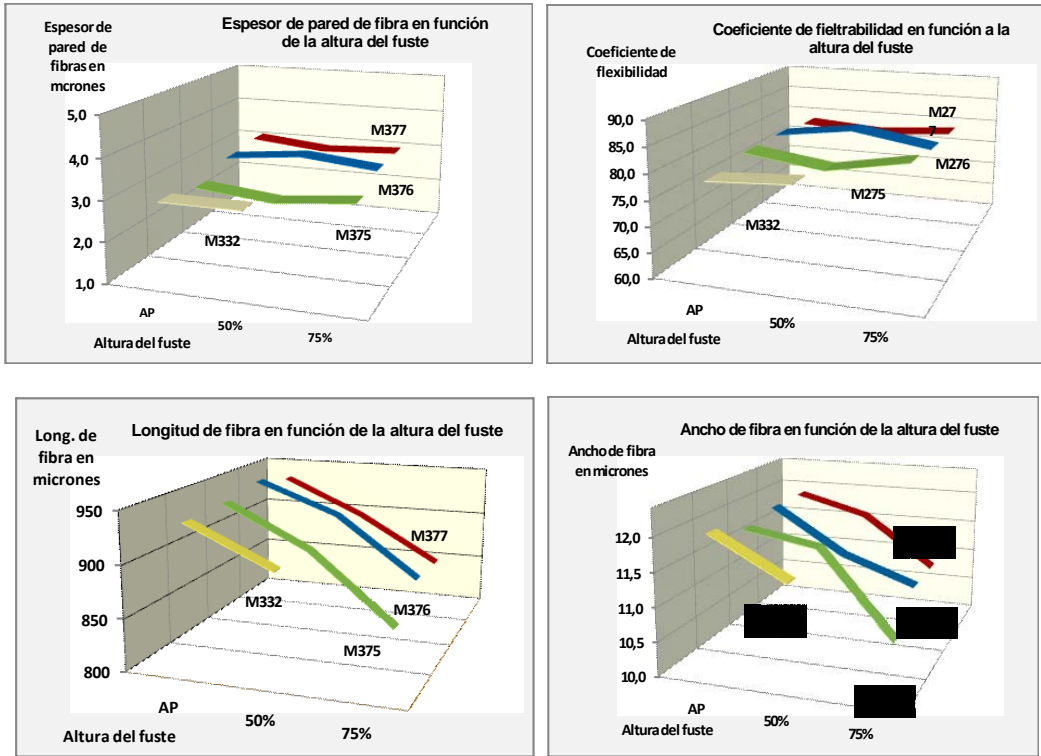


Fig. 5.2.6. Gráficos de valores de fibra y fiabilidad en función de la altura del fuste

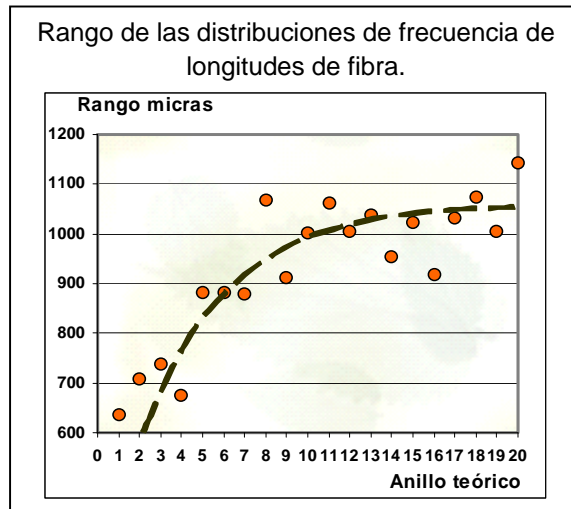


Fig. 5.2.7. Distribuciones de longitudes de fibra según anillos teóricos, sentido médula-cambium

La disminución de la longitud de fibra con la altura, fue una constante en los árboles estudiados. Ello no ha sido siempre así en casos analizados previamente para *Eucalyptus grandis*. La forma más corriente es la de un aumento de la longitud hasta una altura cercana a la mitad del fuste y un descenso posterior hasta la punta, NUÑEZ, C. (2007). Respecto al ancho de fibra también se ve una disminución con la altura del fuste, a diferencia de los parámetros de espesor de pared y coeficiente de flexibilidad que mantienen constancia.

Si se comparan los valores morfológicos del híbrido estudiado con los del *E. grandis* puro, tabla 5.2.7 se observa que las fibras del primero resultan ser algo más cortas y considerablemente más finas que las del *E. grandis*, con espesores de pared prácticamente iguales. El aumento del 27% en el coeficiente de flexibilidad es consecuencia, entonces, del menor ancho de las fibras del híbrido.

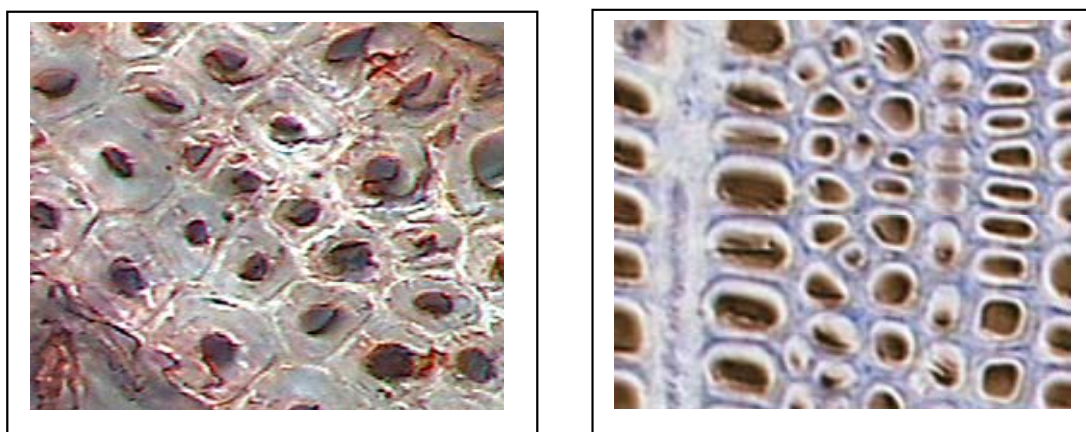
Tabla 5.2.7. Diferencia en los parámetros fibrosos entre *Eucalyptus grandis* y *E. grandis* x *E. tereticornis*

	<i>E. grandis</i>	E.g x E.t.	Diferencia
Long. fibra	931	903	-3,1%
Ancho fibra	15,2	11,5	-24,%3
Esp. pared. fibra	2,8	2,9	+3,6%
Filtrabilidad	62	79	+27,4%

Relación pared/densidad de la madera: Calculando la fracción de superficie ocupada de la fibra promedio de cada especie, es decir, el área total menos al área del lumen, se obtiene para el *E. grandis* puro un valor del 33,5% y para el híbrido 44,1%. Multiplicando estos valores por la densidad media de la pared celular, aceptada constante y que toma un valor de 1,53, se obtienen densidades secas teóricas de 0,52 y 0,67 respectivamente.

Ello concuerda considerablemente con las densidades reales a altura de pecho de *E. grandis* puro medidas que dieron 0,55 en trabajos del PROCYP y el INTA anteriores (Informes inédito sobre la madera del norte de la Mesopotamia que abarca 47 individuos que dieron 0,55 para 6 alturas de pecho y 0,51 para el promedio de todos los árboles a todas las alturas)), y el promedio de las cuatro alturas de pecho del híbrido estudiado que dieron 0,73 g/cm³, teniendo en cuenta que no se han contabilizado los espacios de los vasos. Es decir que las diferencias morfológicas concuerdan con las densidades de las maderas comparadas.

La figura 5.2.8 muestra un corte representativo de la madera del híbrido Eg x Et y del *Eucalyptus grandis*, con valores puntuales de densidad de 0,67 y 0,51 g/cm³ respectivamente.



Eg x Et

E. grandis

Fig. 5.2.8. Cortes transversales de la madera del híbrido Eg x Et y *E. grandis*, mostrando espesores de paredes. MEB

Con respecto al rango se observó una tendencia a aumentar con la edad de la madera, como se puede ver en la figura 5.2.7. Una explicación a este hecho se podría encontrar observando los gráficos de las distribuciones y a través de la fisiología de la planta, y es que el valor mínimo, es decir la célula fibrosa más corta, posee un valor definido, no así la más larga que el árbol va extendiendo a medida que crece el fuste. De esta manera la diferencia entre la fibra más corta y la más larga va aumentando. En este caso, y observando el cambio de pendiente de la curva, se podría decir que la madera madura comenzaría hacia los anillos teóricos 10 u 11, es decir en concordancia con la curva de densidades, y algo menos que estimándola con las longitudes de fibra.

5.2.3. Consideraciones

Comparando las longitudes de fibra del *E. grandis* con las del híbrido se observa que a la altura de pecho en el primero son algo mayores, un 4,1%, y al 50% de la altura comercial del fuste la relación se invierte teniendo el híbrido 0,5% más. La menor longitud de fibra, si bien no es muy marcada, podría hacer disminuir las propiedades físico mecánicas de la hoja de papel, dado que la longitud es la variable que más aporta a su desarrollo.

Estas variaciones para una sola muestras se pueden considerar poca significativas por lo que se puede decir que las longitudes fueron semejantes. Al ser las longitudes semejantes y los anchos menores los coeficientes de filtrabilidad, lógicamente, dieron considerablemente valores más altos. Dado que este parámetro es el segundo en influencia en las propiedades físicomecánicas de la hoja, después de la longitud de fibra resulta conveniente continuar con más muestras en ensayos futuros.

La medición de las densidades por anillos teóricos de dos individuos de *E. grandis* mostró una curva que luego de un descenso inicial aumenta permanentemente hacia el cambium en edades adultas. Se notó que el descenso de los primeros años coincidió con un sector de características distintivas, sin que se pudieran distinguir diferencias morfológicas. No se hallaron explicaciones de tal carácter para explicar el fenómeno.

En la medición de las longitudes de fibra anillo por anillo se notó un aumento permanente de este valor desde la médula hasta aproximadamente el anillo teórico n° 14 a partir del cual se mantuvo aproximadamente constante, lo que haría definir, teniendo en cuenta este parámetro, la madera netamente madura se forma después del décimo quinto anillo teórico.

De la misma forma que con las longitudes de fibra se observó un aumento permanente del rango en la distribución de frecuencias de este parámetro hasta aproximadamente el anillo n° 11.

Teniendo en cuenta la gran cantidad de residuos que genera la industria del aserrado instalada, y la necesidad de su aprovechamiento, los resultados muestran que de aserrar este híbrido, los residuos podrían ser destinados a las mismas plantas que procesan *E. grandis* aunque sus rendimientos podrían ser algo menores, en especial en lo que se refiere a su mayor cantidad de lignina, aunque estas mermas no serían significativas ni limitantes.

Dada su coloración más intensa también puede traer una merma en el rendimiento si se tiene necesidad de blanqueo, aunque estas mermas son de menor magnitud que el de las especies coloradas (*E. tereticornis* y *E. camaldulensis*).

5.2.4. Conclusiones: Características químico-celulósicas

- En la comparación de *E. grandis* con *E. grandis* x *E. tereticornis* no se observaron diferencias significativas por lo que se puede concluir que en las muestras analizadas la biometría morfológica de la especie pura y del híbrido es semejante.
- Lo hallado indicaría que el híbrido puede poseer mejores características de resistencia que el *E. grandis* puro.
- En cuanto al color, al ser más intenso, requerirá mayor trabajo en el blanqueo, lo cual es una característica desfavorable a tener en cuenta en el mejoramiento futuro del híbrido.
- El incremento del contenido de lignina se corresponde con una disminución en el % de celulosa, que desde un punto de vista papelerero supondría un rendimiento menor para la obtención de pulpas químicas.
- Se puede afirmar que en las muestras estudiadas el híbrido posee morfología fibrosa similar al *E. grandis* y no presentaría limitantes importantes para el procesamiento celulósico de las otras especies de eucaliptos en Argentina.
- Con estudios más pormenorizados se podrá trabajar junto al mejoramiento, optimizando las propiedades que presentan valores inferiores a los de otras especies.

En síntesis, en estas primeras determinaciones se tiene que los valores químico celulósicos no presentan mayores limitaciones para entrar en los procesos habituales en Argentina, por lo que cuenta con aptitud para este destino, pudiendo recomendarse su plantación en escala comercial.

5.3. Características Físico- mecánicas

Las primeras determinaciones que se realizaron en el año 2003 sobre las propiedades del híbrido EGxET, llevadas a cabo por las estaciones del INTA Concordia y Bella Vista, tuvieron como objetivo el obtener información orientativa sobre la densidad y algunos caracteres organolépticos para contar con parámetros de selección temprana en el mejoramiento genético.

Al progresar los ensayos y vislumbrarse como un nuevo material genético factible de ser difundido en plantaciones comerciales, en especial en zonas marginales al *E. grandis*, o regiones con características edafoclimáticas desfavorables, el INTA Concordia decidió encarar el contar con información de referencia de la madera de esta especie, que avale su difusión en plantaciones comerciales

Con el objetivo de contar con una primera ficha con las principales propiedades físico-mecánicas el INTA Concordia llevó a cabo un estudio completo con el grupo Estudios de Madera GEMA, de la Universidad Tecnológica Nacional, Regional Concepción del Uruguay, Entre Ríos, que se detalla en primer término. Como información complementaria, y para aportar más datos a la caracterización de la madera, a continuación del citado estudio se citan otros ensayos y pruebas exploratorias llevadas a cabo por INTA en sus instalaciones, y en empresas que se citan.

Dado que la industrialización del eucalipto en la región Mesopotámica está prácticamente destinada a productos sólidos, siendo el aserrado la principal actividad, con más de 300 aserraderos añadiendo Corrientes a Entre Ríos, y que la tendencia actual es obtener productos remanufacturados con mayor valor añadido, es por lo que se presta especial importancia a estas características, siendo la que más requiere el Gobierno Nacional para determinar el fomento y difusión de la plantaciones de las especies.

Prueba de la orientación actual hacia la producción de madera aserrada de calidad es que se tienen vigentes aportes económicos no reintegrables no sólo para plantar las especies seleccionadas, sino que además se fomenta las podas y raleos de las mismas. El alcance de estos primeros estudios es el de referenciar este nuevo híbrido *E. grandis x E. tereticornis* como una “madera nueva”, por lo que se ha seguido la metodología de la ASTM D-143 en cuanto a la selección de los individuos, en un número de 5 ejemplares, sobre los que se realizan las mediciones para referenciar la especie, sin entrar en estudios más extensos que indagaran sobre propiedades en particular o relacionamientos con distintos parámetros.

Cabe destacar que se ha prestado especial importancia a la densidad y al Módulo de elasticidad a la flexión, teniendo en cuenta que conforme al criterio europeo las propiedades mecánicas obtenidas del ensayo de flexión son consideradas las más importantes y de ellas pueden ser derivadas las restantes (GLOS, 1995. EN 338 2010, EN 384 2010). A su vez la tendencia internacional actual es considerar al módulo de elasticidad obtenido del ensayo de flexión como representativo del comportamiento elástico de la madera también cuando es sometida a tracción y compresión paralela a las fibras (EN 1995-1-1, NDS 2005). Para el caso del módulo a la compresión se debe comentar que los resultados pueden sufrir grandes variaciones dado que son muy grandes los esfuerzos aplicados y muy pequeñas las deformaciones, por lo que se decidió no tenerlo en cuenta. Esta tendencia es la seguida por el Laboratorio del Grupo GEMA, quienes son actualmente los encargados de redactar el reglamento de materiales CIRSOC para madera en Argentina. En virtud de ello sólo se cita el Módulo de elasticidad a la flexión, PITER, J, Com Pers. (2011).

Este criterio se ve reforzado con la tendencia actual de efectuar ensayos no destructivos con aparatos basados principalmente por este parámetro, tal como los que se llevan a cabo en el INTA en sus planes de mejoramiento. En otro sentido se están orientando acciones para el fomento de productos sólidos de tercera transformación, como el caso de la mueblería, pisos, aberturas y carpinterías especiales, y particularmente el INTA está difundiendo el empleo de la madera de eucalipto en usos estructurales, y en especial en la construcción de viviendas, con sistemas constructivos livianos, por lo que resulta de suma importancia contar con el referenciamiento respecto de las propiedades físico-mecánicas.

Dado que mayoritariamente la industria del eucalipto en Argentina (Aserrado, laminado, paneles de fibras y astillas, energía y celulosa) se basan en *Eucalyptus grandis*, con el fin de determinar su viabilidad de empleo en la industria ya instalada en el país, se efectúan comparaciones con esta especie, y desde el punto de vista de interés de la especie, y el mejoramiento genético, se compara con sus progenitores, sumando además al *E. tereticornis*

5.3.1. Materiales y métodos

A continuación se detallan los materiales y métodos empleados para la caracterización físico-mecánica que hemos llevado a cabo en el laboratorio del grupo Estudios de Madera, GEMA, para el caso de otras determinaciones complementarias se citan en cada caso.

5.3.1.1.-Materiales

El material empleado de la madera del híbrido *E grandis x E. tereticornis* proviene de ensayos del INTA lo que garantiza la trazabilidad fehaciente de su procedencia.

Se empleó el clon N° 128 del híbrido de *E. grandis x E. tereticornis*, plantado en el INTA Concordia, replantación entre tocones, con un marco de plantación de 3 x 3 m, teniendo como diámetro medio 32 cm y su altura media de 30 m, arrojando la parcela un crecimiento medio de 42 m³/ha/año. Los ejemplares se cortaron a los 10 años de edad, el cual es el turno de corte habitual para el *E. grandis*, en plantaciones sin raleo, con fines de aserrado.

Los datos del ensayo son: EEA INTA Concordia -Latitud: 31° 22' S -Longitud: 58° 07' E -Altitud: 47,5 msnm - Suelo: Arenoso Pardo- 10 años, distanciamiento 3 x 3 m. Especie: **HGxT**: clon N° 128 del híbrido de *E. grandis* x *E. tereticornis*

5.3.1.2.-Método

De acuerdo a la norma AST D-14 -83, en su punto 6, para una caracterización general de una especie se requieren muestras de 5 individuos de porte y características normales para el rodal. Por ello se seleccionaron 6 ejemplares, a los cuales se les marcó el norte previo al apeo, para la posterior orientación de las tomas de muestras.

De cada árbol se tomaron sus datos dendrométricos y se utilizaron los 2 rollizos basales (uno para la obtención de muestras y el otro se reservó por posibles pérdidas), el resto del material se aprovechó para otros ensayos, y se envió al aserrado y laminación por desenrollo para visualizar su comportamiento.

A los rollizos se los asierra obteniendo el tablón central sur-norte, para luego obtener los dos perpendiculares oeste-este. Cabe acotar que debido al poco diámetro de estos árboles de plantación, distintos a los nativos en los cuales se basa la norma ASTM D-143, se da prioridad de obtener al menos el tablón norte-sur (en ensayos anteriores del INTA para las condiciones de las plantaciones no se ha observado diferencias significativas en las propiedades según la orientación). Las figuras en el capítulo 4 (4.1, 4.2, 4.3) muestran la forma de obtención de los tirantes, de 60 mm x 60 mm, con los que luego se confeccionan las distintas probetas, las que en su gran mayoría exigen secciones finales de 50 x 50 mm, y algunas de 20 mm x 20 mm.

5.3.1.3.-Instrumental y maquinaria:

Para las determinaciones de humedad y densidad se emplearon estufas de secado regulables a 100°C, balanza de precisión de 0,01 g, calibres electrónicos de precisión de 0,1 mm.

Para la realización de los ensayos se empleó una Máquina Universal de ensayos SHIMADSU, con su correspondiente equipo de computación y procesamiento adjunto.



Fig. 5.3.1. Máquina Universal de ensayo en GEMA - UTN

En el anexo se adjuntan plantillas tipo de los registros, en los cuales se anotan todos los resultados más las observaciones que pueden ser de interés.

Normas empleadas

Mayoritariamente los estudios se realizaron siguiendo las normas del IRAM, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales y las normas ASTM de la Norteamérica (American Society for Testing and Materials). Normas adquiridas por la UTN. En cada ensayo se cita la norma empleada, así como la humedad de la probeta de ensayo y la densidad de la misma. Las probetas se aclimataron, en cámara de climatización, a 20° C y 60 % de humedad.

Densidad aparente	ASTM D2395
Determinación de humedad	IRAM 9532
Flexión estática	IRAM 9542- 5510
Dureza Janka	IRAM 9570
Corte paralelo a las fibras	IRAM 9596
Compresión perpendicular a las fibras	IRAM 9547
Compresión paralela a las fibras	IRAM 9551
Arrancamiento de clavos y tornillos	IRAM 9592
Contracción	IRAM 9543

5.1.3.4.-Análisis de los resultados

Se expresan los valores de la media obtenida para los 6 ejemplares, detallando la humedad de la probeta, su densidad, y la cantidad de probetas empleadas. Para los ensayos que lo exigen se distinguen los resultados según las caras, radial, tangencial y transversal (o axil).

Dado que se trata de un referenciamiento de datos de una madera, y no un análisis en particular de cada muestra o sus variaciones, en cada ensayo se determinó solamente la media, la desviación estándar, y su correspondiente coeficiente de variación, con el cual se tiene idea de la homogeneidad de los resultados medios, y la validación de los mismos.

5.3.2. Resultados

5.3.2.1. Propiedades Físico – mecánicas: Ensayo Grupo GEMA -UTN

A continuación se detallan en tablas los resultados de los ensayos de: ***Flexión Estática, Corte, Dureza Janka, Compresión paralela, arrancamiento de tornillos, arrancamiento de clavos, contractibilidad, humedad, y densidad***

5.3.2.1. a. Flexión Estática:

Se empleó la Norma IRAM 5510 y 9545, usando probetas de 20 x 20 mm con luz libre de apoyo de 280 mm. Se estableció la correlación relacionando el módulo de elasticidad MOE y la densidad con el modulo de rotura MOR. Como se comentara este parámetro es de especial interés pues se toma como determinante de varias propiedades mecánicas

Tabla 5.3.1. Datos de flexión estática IRAM 5510 - 9545 Eg x Et – UTN. (probetas 20 x 20 mm)

Número de probeta	a	b	l	Volumen	Masa	Densidad	Humedad
	[mm]	[mm]	[mm]	(cm ³)	(g)	(g/cm ³)	%
A1	20,27	20,17	341,00	139,42	105,02	0,75	13,9
A2	20,40	20,33	344,00	142,67	97,30	0,68	13,9
A5	19,80	20,45	335,00	135,64	91,87	0,68	13,6
B1	20,60	20,30	342,00	143,02	90,14	0,63	15,2
B2	20,53	20,40	341,00	142,81	91,47	0,64	13,6
B3	20,58	20,49	340,00	143,37	90,11	0,63	12,1
B4	19,40	19,22	337,00	125,66	86,01	0,68	14,5
B5	20,43	20,44	340,00	141,98	90,16	0,64	13,2
B6	19,80	19,60	338,00	131,17	89,84	0,68	12,6
C1	20,30	20,60	338,00	141,34	96,48	0,68	14,0
C2	20,20	20,30	340,00	139,42	89,62	0,64	14,6
C3	20,40	19,80	339,00	136,93	88,44	0,65	13,0
C5	20,20	19,90	340,00	136,67	80,29	0,59	14,3
D2	20,15	20,41	340,00	139,83	95,72	0,68	14,6
D3	20,33	20,22	340,00	139,76	99,35	0,71	15,0
D4	20,30	20,49	337,00	140,17	97,89	0,70	14,1
D5	20,25	20,45	335,00	138,73	90,17	0,65	15,0
F3	20,25	20,34	337,00	138,81	97,72	0,70	14,5
Número de probeta	Rotura		Proporcionalidad		Valores resistentes		
	Carga	Def.	Carga	Def.	Em,gl.	Res.rotura	Res.elástica
	(N)	(mm)	(N)	(mm)	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
A1	1.980	6,09	1.364	2,80	16.073,1	100,84	69,47
A2	2.156	9,17	1.480	2,86	16.567,9	107,40	73,72
A5	2.328	11,09	1.612	3,52	14.842,0	118,08	81,76
B1	1.580	6,77	1.016	3,17	10.206,9	78,17	50,27
B2	2.036	8,78	1.420	2,97	15.054,5	100,09	69,81
B3	1.808	7,21	1.356	3,19	13.176,9	87,89	65,91
B4	1.548	4,49	1.172	2,95	15.829,2	90,72	68,69
B5	1.928	10,42	1.284	3,25	12.427,5	94,87	63,18
B6	1.904	8,85	964	2,60	13.648,5	105,13	53,23
C1	2.052	10,50	1.428	3,08	14.338,2	100,05	69,62
C2	1.604	10,26	892	2,75	10.534,3	80,93	45,01
C3	1.332	5,48	860	2,79	10.682,7	69,95	45,16
C5	1.480	7,93	908	3,08	10.163,4	77,71	47,67
D2	1.828	8,53	1.092	2,47	14.162,4	91,47	54,64
D3	1.664	8,40	984	2,16	14.875,6	84,08	49,72
D4	2.008	8,99	1.340	2,89	14.571,3	98,95	66,03
D5	1.468	9,75	1.072	2,80	12.132,4	72,81	53,17
F3	2.044	8,46	1.400	2,61	17.275,2	102,47	70,19

Resumen estadístico

	Densidad	Humedad	Em,gl.	Res.rotura	Res.elástica
	(g/cm3)	%	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]
Mínimo	0,587	12,1	10.163,4	69,95	45,0060
Media	0,667	13,9	13.697,9	92,31	60,9585
Máximo	0,753	15,2	17.275,2	118,08	81,7641
Desv std	0,038	0,84	2.239,49	13,099	11,1227
Coef V	0,05	0,06	0,16	0,14	0,18

Se estableció una correlación positiva entre el Módulo de elasticidad, la densidad y el Módulo de rotura como presentamos en la figura 5.3.0.

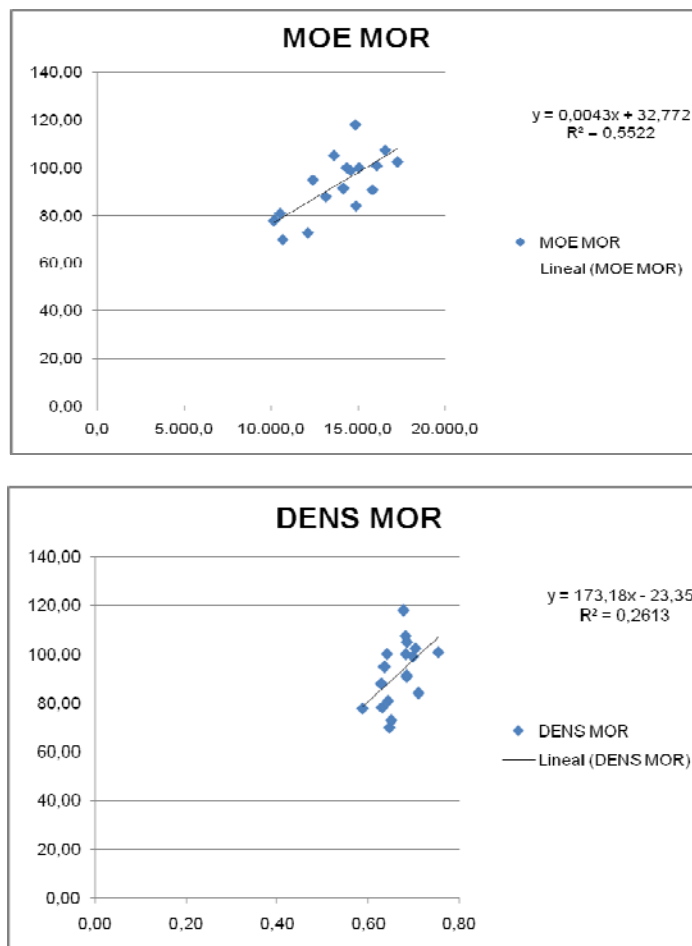


Fig. 5.3.0. Relaciones MOE – MOR y Densidad MOR en Eg x Et

La media para las 18 probetas fue de 13.697 N/mm², con un coeficiente de variación del 16 %. Siendo que la tendencia concuerda con estudios de LATU, (2005), en el Uruguay, para *E. grandis*.

5.3.2.1. b. Ensayos de corte

Tabla 5.3.2. Ensayos de corte Eg x Et IRAM 9596

CORTE Eg x Et - IRAM 9596														
Número de probeta	Datos Probeta						Datos Trozo			Carga de Rotura (N)	Area de Rotura			Res.al corte [N/mm2]
	c	d	e	Volumen	Masa	Densidad	Masa 1	Masa 2	Humedad		a	b	Area	
	[mm]	[mm]	[mm]	(cm3)	(g)	(g/cm3)	[g]	[g]	%		(mm)	(mm)	(mm2)	
A 1	49,8	64,8	29,6	144,6	111,	0,8	111	97	15,1	27770	49,5	49,6	2453	11,3
A 2	49,8	66,0	30,3	148,8	95,9	0,6	96	84	14,6	23820	51,0	49,7	2535	9,4
A 5	49,3	65,6	29,5	144,7	99,9	0,7	66	57	15,0	25250	49,2	49,8	2446	10,3
B 1	49,4	65,6	29,8	146,0	111,	0,8	79	69	15,4	29113	50,4	49,6	2500	
B 2	49,7	65,5	29,9	144,6	100,	0,7	69	60	15,4	24261	49,2	49,3	2426	10,0
B 3	49,5	65,1	30,0	144,1	95,2	0,7	61	53	15,5	27813	50,4	49,1	2475	
B 4	49,5	64,9	29,0	143,8	96,9	0,7	65	56	15,4	28593	50,2	49,4	2480	11,5
B 5	49,5	65,4	29,2	146,3	96,8	0,7	60	52	15,5	32232	50,6	49,8	2520	
B 6	49,7	65,1	28,9	145,0	107,	0,7	71	61	14,9	29806	49,8	49,7	2475	12,0
C 1	49,4	65,7	29,9	147,1	108,	0,7	108	94	15,2	35150	51,0	49,7	2535	
C 2	49,7	64,7	30,1	145,8	96,8	0,7	63	55	14,8	35920	50,6	49,6	2510	14,3
C 3	49,8	66,1	29,7	147,0	88,6	0,6	63	55	14,8	22770	51,0	49,2	2509	9,1
C 5	49,6	65,4	29,7	146,3	99,0	0,7	99	86	15,1	29100	51,2	49,4	2529	11,5
D 2	50,0	65,1	30,4	147,6	106,	0,7	106	92	15,0	22874	49,6	50,0	2480	9,2
D 3	49,6	65,3	29,4	145,4	97,9	0,7	63	54	15,4	26860	49,5	49,8	2465	10,9
D 4	50,3	66,4	30,0	151,2	116,	0,8	82	71	15,4	36131	50,8	50,0	2540	
D 5	50,1	66,2	29,8	149,7	112,	0,8	113	98	15,8	27553	50,6	49,9	2525	
F 3	50,2	65,6	30,7	145,5	104,	0,7	72	63	15,0	32752	46,3	49,9	2310	14,2
mínimo						0,60			14,61					9,07
media						0,70			15,19					11,15
máximo						0,77			15,80					14,31
desv std						0,05			0,31					1,74
Coef V						0,07			0,02					0,16
n						18			18					12

5.3.2.1.c Dureza Janka

Tabla 5.3.3. Ensayos de Dureza Janka

DUREZA Eg x Et - IRAM 9570							
Número de probeta	Datos Probeta						Humedad
	a	b	c	Volumen	Masa	Densidad	
	[mm]	[mm]	[mm]	(cm ³)	(g)	(g/cm ³)	
A 1	48,80	49,10	151,00	361,81	288,82	0,80	14,6
A 2	49,60	49,60	146,00	359,18	234,88	0,65	13,9
A 5	49,40	49,40	143,50	350,19	235,56	0,67	13,9
B 1	49,30	49,20	150,00	363,83	296,26	0,81	14,7
B 2	49,30	49,30	151,00	367,00	259,30	0,71	14,7
B 3	49,30	49,30	150,00	364,57	234,46	0,64	14,2
B 4	49,20	49,00	149,00	359,21	238,04	0,66	14,3
B 5	49,70	49,80	150,00	371,26	236,92	0,64	14,3
B 6	49,50	49,60	148,00	363,37	279,23	0,77	14,2
C 1	49,40	49,40	149,00	363,61	276,09	0,76	14,7
C 2	49,60	49,30	145,00	354,57	231,57	0,65	14,5
C 3	49,40	49,40	148,00	361,17	216,81	0,60	13,5
C 5	49,20	49,30	147,00	356,56	224,48	0,63	14,4
D 2	50,00	49,90	147,00	366,77	254,75	0,69	14,3
D 3	49,90	49,60	150,00	371,26	264,67	0,71	14,9
D 4	50,30	49,90	149,50	375,24	284,30	0,76	14,9
D 5	50,20	50,30	146,00	368,66	259,60	0,70	14,2
F 3	49,90	49,90	150,00	373,50	264,69	0,71	14,4
mínimo						0,600	13,4
media						0,698	14,3
máximo						0,814	14,9
desv std						0,060	0,36
Coef V						0,08	0,02
n muestras						18	18

Continuación tabla 5.3.3. Dureza Janka

DUREZA Eg x Et - IRAM 9570

Cargas(N)														
Transversal					Tangencial					Radial				
lectura	carga	lectura	carga	carga prom.	lectura	carga	lectura	carga	carga prom.	lectura	carga	lectura	carga	carga prom.
241,0	6.579,3	311,0	8.490,3	7.534,8	245,0	6.688,5	192,0	5.241,6	5.965,1	191,0	5.214,3	225,0	6.142,5	5.678,4
240,0	6.552,0	200,0	5.460,0	6.006,0	179,5	4.900,4	177,0	4.832,1	4.866,2	172,0	4.695,6	176,0	4.804,8	4.750,2
235,0	6.415,5	231,0	6.306,3	6.360,9	191,0	5.214,3	186,0	5.077,8	5.146,1	167,0	4.559,1	172,0	4.695,6	4.627,4
116,5	7.563,2	102,0	6.621,8	7.092,5	112,0	7.271,0	86,0	5.583,1	6.427,1	118,0	7.660,6	92,0	5.972,6	6.816,6
	6.360,0		6.630,0	6.495,0		4.420,0		5.510,0	4.965,0		5.200,0		4.350,0	4.775,0
83,0	5.388,4	80,0	5.193,6	5.291,0	70,5	4.576,9	71,0	4.609,3	4.593,1	63,0	4.090,0	70,5	4.576,9	4.333,4
71,0	4.609,3	91,5	5.940,2	5.274,8	53,0	3.440,8	47,0	3.051,2	3.246,0	63,0	4.090,0	72,0	4.674,2	4.382,1
89,0	5.777,9	86,0	5.583,1	5.680,5	51,0	3.310,9	57,5	3.732,9	3.521,9	65,0	4.219,8	76,0	4.933,9	4.576,9
	8.230,0		7.960,0	8.095,0		6.170,0		5.710,0	5.940,0		5.220,0		5.760,0	5.490,0
105,0	6.816,6	129,0	8.374,7	7.595,6	105,5	6.849,1	82,0	5.323,4	6.086,3	78,5	5.096,2	74,0	4.804,1	4.950,2
	4.940,0		4.970,0	4.955,0		4.220,0		4.070,0	4.145,0		5.150,0		4.340,0	4.745,0
77,0	4.998,8	78,0	5.063,8	5.031,3	54,0	3.505,7	51,0	3.310,9	3.408,3	53,0	3.440,8	54,0	3.505,7	3.473,2
80,0	5.193,6	82,0	5.323,4	5.258,5	58,0	3.765,4	61,5	3.992,6	3.879,0	47,0	3.051,2	55,0	3.570,6	3.310,9
95,0	6.167,4	88,0	5.713,0	5.940,2	89,0	5.777,9	65,0	4.219,8	4.998,8	74,0	4.804,1	78,0	5.063,8	4.933,9
84,0	5.453,3	90,5	5.875,3	5.664,3	60,0	3.895,2	66,0	4.284,7	4.090,0	77,0	4.998,8	88,0	5.713,0	5.355,9
110,0	7.141,2	111,0	7.206,1	7.173,7	88,0	5.713,0	82,0	5.323,4	5.518,2	87,0	5.648,0	79,0	5.128,7	5.388,4
81,0	5.258,5	102,0	6.621,8	5.940,2	88,0	5.713,0	79,0	5.128,7	5.420,8	85,0	5.518,2	74,0	4.804,1	5.161,1
	6.870,0		6.170,0	6.520,0		4.310,0		5.420,0	4.865,0		6.450,0		5.260,0	5.855,0
mínimo				4955,0					3246,0					3310,9
media				6217,1					4837,8					4922,4
máximo				8095,0					6427,0					6816,6
desv std				954,5					965,2					820,3
Coef V				0,15					0,19					0,16
n muestras				18					18					18

5.3.2.1.d. Ensayo de compresión paralela

Tabla 5.3.4. Ensayos de Compresión paralela Eg x Et

COMPRESIÓN PARALELA Eg x Et –
IRAM 9551

Número de probeta	Datos Probeta					Rotura		Proporcionalidad		Valores resistentes	
	a	b	l	Volumen	Densidad	Humedad	Carga	Carga	Def.	Tens. Elast.	Tens.Rot.
	[mm]	[mm]	[mm]	(cm ³)	(g/cm ³)	%	(N)	(N)	(mm)	[N/mm ²]	(N/mm ²)
A 1	49,10	49,40	200,00	485,11	0,74	14,1	121.120	43.760	1,78	18,04	49,9
A 2	49,51	49,31	200,64	489,83	0,67	14,7	143.700	52.680	0,94	21,58	58,9
A 5	49,45	49,41	199,54	487,54	0,68	14,8	138.760	50.840	0,98	20,81	56,8
B 3	49,33	49,27	199,22	484,20	0,62	14,9	124.160	45.280	0,93	18,63	51,1
B 4	49,23	49,34	200,38	486,72	0,66	15,3	131.600	53.640	0,97	22,08	54,2
B 5	49,60	49,14	198,56	483,96	0,65	15,2	96.000	36.280	0,73	14,89	39,4
D 2	49,94	49,81	199,98	497,45	0,69	14,9	144.720	55.480	1,02	22,30	58,2
D 4	49,50	49,92	200,30	494,95	0,75	15,0	142.920	52.760	0,78	21,35	57,8
D 5	49,50	49,40	198,99	486,59	0,74	15,4	128.080	49.320	0,63	20,17	52,4
F 3	49,85	50,32	200,66	503,35	0,68	14,8	136.040	49.840	0,94	19,87	54,2
mínimo					0,618	14,08				14,88506	39,387
media					0,687	14,92				19,97184	53,286
máximo					0,749	15,43				22,30342	58,861
desv std					0,042	0,37				2,273726	5,77157
Coef V					0,06	0,02				0,11	0,10
n					10	10				10	10

5.3.2.1.e. Ensayo de compresión perpendicular

Tabla 5.3.5. Ensayo de Compresión perpendicular

COMPRESIÓN PERPENDICULAR Eg x Et – IRAM 9547

Número de probeta	Datos Probeta						Proporc.	Rotura	Valores resistentes			
	a	b	l	Volumen	Masa	Densidad			Carga	Carga	Tens.Elast.	Tens.Rotura
	[mm]	[mm]	[mm]	(cm3)	(g)	(g/cm3)			(N)	(N)	[N/mm2]	[N/mm2]
A 1	49,05	49,20	153,11	369,49	304,52	0,82		34.650	0	14,4		
A 5	49,42	49,60	150,09	367,91	251,44	0,68		26.440	0	10,8		
B 3	49,25	49,35	149,00	362,14	231,45	0,64	10.180	24.840	4	10,2		
B 4	49,10	49,15	150,00	361,99	243,68	0,67	8.910	25.000	4	10,4		
B 5	49,44	49,37	150,00	366,13	235,02	0,64	10.280	23.030	4	9,4		
C 1	49,30	49,45	149,98	365,63	268,22	0,73	10.640	30.110	4	12,4		
C 3	49,72	49,59	152,13	375,09	222,24	0,59	12.680	26.500	5	10,7		
D 2	49,96	49,92	150,00	374,10	261,91	0,70	20.720	44.430	8	17,8		
D 4	50,02	50,11	149,00	373,47	278,94	0,75	10.730	30.260	4	12,1		
D 5	49,93	49,93	150,00	373,95	255,47	0,68	11.220	31.550	5	12,7		
F 3	50,06	50,37	155,15	391,21	267,98	0,68	11.050	30.050	4	11,9		
mínimo						0,592			0	9,435		
media						0,691			3,915	12,065		
máximo						0,824			8,307	17,814		
desv std						0,061			2,292	2,353		
Coef V						0,08			0,58	0,19		
n muestras						11			11	11		

5.3.2.1.f. Ensayo de arrancamiento de tornillos

Tabla 5.3.6. Ensayo de arrancamiento de tornillos Eg x Et - IRAM 9592

Número de probeta	Datos Probeta					Humedad		
	a	b	c	Volumen	Densidad			
	[mm]	[mm]	[mm]	(cm ³)	(g/cm ³)			%
A 1	49,05	48,90	149,50	358,58	0,80			14,3
A 2	49,44	49,54	149,50	366,16	0,66			14,1
A 5	49,44	49,42	153,50	375,05	0,69			14,4
mínimo					0,664			14,10
media					0,720			14,28
máximo					0,802			14,40
desv std					0,072			0,15
Coef V					0,10			0,010
n					3			3

Cargas(N) Transversal					Cargas(N)					Cargas(N) Radial					
1º lectura	carga	2º lectura	carga	carga prom.		carga	2º lectura	carga	carga prom.	Tangencial	carga	2º lectura	carga	carga prom.	
	0,0	82,0	2.238,6	1.119,3	154,0	4.204,2	148,0	4.040,4	4.122,3	1º lectura	3.194,1	93,0	2.538,9	2.866,5	
79,0	2.156,7	81,0	2.211,3	2.184,0	129,0	3.521,7	144,0	3.931,2	3.726,5	130,0	3.549,0	125,0	3.412,5	3.480,8	
93,0	2.538,9	97,0	2.648,1	2.593,5	145,5	3.972,2	145,0	3.958,5	3.965,3	115,0	3.139,5	140,0	3.822,0	3.480,8	
mínimo				1119,3					3726,45						2866,5
media				1965,6					3938,05						3276
máximo				2593,5					4122,3						3480,75
desv std				760,97					199,33						354,63
Coef V				0,38					0,05						0,10
n				3					3						3

5.3.2.1.g. Ensayo de arranque de clavos

Tabla 5.3.7. Ensayo de arrancamiento de clavos

ARRANQUE DE CLAVOS Eg x Et – IRAM 9592

Número de probeta	Datos Probeta						Humedad	
	a	b	c	Volumen	Masa	Densidad		
	[mm]	[mm]	[mm]	(cm ³)	(g)	(g/cm ³)		%
A1	49,03	48,92	150,51	361,01	263,22	0,73		14,4
A2	49,38	49,57	151,00	369,61	238,39	0,64		14,2
A5	49,29	49,58	151,00	369,01	263,42	0,71		14,5
B3	49,43	49,27	153,60	374,08	245,27	0,66		14,5
B4	48,83	49,44	150,00	362,12	241,07	0,67		14,6
B5	49,40	49,31	152,00	370,26	240,30	0,65		14,5
B6	49,74	49,50	150,00	369,32	284,31	0,77		14,0
C1	49,02	49,56	149,50	363,20	286,97	0,79		14,6
C2	49,62	49,97	150,10	372,17	239,87	0,64		14,5
C3	49,81	50,05	151,40	377,44	255,99	0,68		13,6
C5	50,24	49,30	149,50	370,29	235,31	0,64		13,8
D2	49,96	50,07	150,21	375,75	262,24	0,70		14,2
D4	50,08	49,85	151,39	377,94	267,16	0,71		14,3
D5	49,53	49,91	151,52	374,56	278,61	0,74		14,8
F3	49,86	50,10	152,00	379,69	296,82	0,78		14,5
mínimo						0,635		13,56
media						0,700		14,33
máximo						0,790		14,77
desv std						0,053		0,33
Coef V						0,07		0,02
n muestras						7		7

Continúa...

Continuación tabla 5.3.7.

ARRANCAMIENTO DE CLAVOS Eg x Et

Cargas(N)														
Transversal					Tangencial					Radial				
1º lectura	carga	2º lectura	carga	carga prom.	1º lectura	carga	2º lectura	carga	carga prom.	1º lectura	carga	2º lectura	carga	carga prom.
75,0	720,8	124,0	1.191,6	956,2	112,0	1.076,3	135,0	1.297,4	1.186,8	100,0	961,0	125,0	1.201,3	1.081,1
62,0	595,8	69,0	663,1	629,5	122,0	1.172,4	111,0	1.066,7	1.119,6	137,0	1.316,6	125,0	1.201,3	1.258,9
92,0	884,1	112,0	1.076,3	980,2	124,0	1.191,6	126,0	1.210,9	1.201,3	168,0	1.614,5	142,0	1.364,6	1.489,6
40,0	384,4	120,0	1.153,2	768,8	118,0	1.134,0	111,0	1.066,7	1.100,3	145,0	1.393,5	90,0	864,9	1.129,2
81,0	778,4	93,0	893,7	836,1	107,0	1.028,3	114,0	1.095,5	1.061,9	100,0	961,0	105,0	1.009,1	985,0
77,0	740,0	81,0	778,4	759,2	110,0	1.057,1	104,0	999,4	1.028,3	114,0	1.095,5	141,0	1.355,0	1.225,3
88,0	845,7	94,0	903,3	874,5	181,0	1.739,4	129,0	1.239,7	1.489,6	183,0	1.758,6	164,0	1.576,0	1.667,3
97,0	932,2	93,0	893,7	913,0	139,0	1.335,8	171,0	1.643,3	1.489,6	241,0	2.316,0	194,0	1.864,3	2.090,2
83,0	797,6	87,0	836,1	816,9	100,0	961,0	108,0	1.037,9	999,4	92,0	884,1	75,0	720,8	802,4
65,0	624,7	86,0	826,5	725,6	91,0	874,5	109,0	1.047,5	961,0	83,0	797,6	85,0	816,9	807,2
106,0	1.018,7	93,0	893,7	956,2	112,0	1.076,3	115,0	1.105,2	1.090,7	94,0	903,3	116,5	1.119,6	1.011,5
84,0	807,2	87,0	836,1	821,7	124,0	1.191,6	134,0	1.287,7	1.239,7	171,0	1.643,3	113,0	1.085,9	1.364,6
106,0	1.018,7	106,0	1.018,7	1.018,7	125,0	1.201,3	111,0	1.066,7	1.134,0	140,0	1.345,4	189,0	1.816,3	1.580,8
112,0	1.076,3	100,0	961,0	1.018,7	99,0	951,4	129,0	1.239,7	1.095,5	163,0	1.566,4	122,0	1.172,4	1.369,4
55,0	1.501,5	42,0	1.146,6	1.324,1	45,0	1.228,5	60,0	1.638,0	1.433,3	54,0	1.474,2	72,0	1.965,6	1.719,9
	mínimo			629,5					961					802,4
	media			893,3					1175,3					1305,4
	máximo			1324,05					1489,5					2090,1
	desv std			164,4					169,9					360,1
	Coef V			0,18					0,14					0,27
	n muestras			7					7					7

5.3.2.1.h. Determinación de Humedad y densidad

Tabla 5.3.8. Determinación de humedad y densidad de los listones previo a los ensayos de Eg x Et

DENSIDAD Y HUMEDAD DE LISTON ANTES DE ENSAYAR IRAM
D2395

PROBETA	a	b	c	Volumen	Densidad	Masa Húm.	Masa Seca	Humedad
	[mm]	[mm]	[mm]	(cm ³)	(g/cm ³)	[g]	[g]	%
1 A1	49,00	49,10	32,00	76,99	0,764	58,80	51,11	15,0
2 A2	49,68	49,37	25,07	61,49	0,700	43,04	37,57	14,6
3 A5	49,27	49,43	27,46	66,88	0,712	47,62	41,56	14,6
15 B1	49,10	49,30	34,70	84,00	0,781	65,61	56,95	15,2
16 B2	49,50	49,40	42,30	103,44	0,684	70,71	61,44	15,1
17 B3	49,39	49,66	46,20	113,32	0,640	72,56	63,38	14,5
18 B4	49,50	49,70	41,49	102,07	0,686	70,07	60,93	15,0
19 B5	49,62	49,95	29,39	72,84	0,639	46,52	40,49	14,9
20 B6	49,80	49,50	36,60	90,22	0,750	67,69	59,04	14,7
32 C1	49,10	49,40	37,90	91,93	0,795	73,05	63,46	15,1
33 C2	49,60	49,90	30,50	75,49	0,666	50,25	43,84	14,6
34 C3	49,60	49,40	28,80	70,57	0,598	42,19	36,91	14,3
35 C5	49,30	49,40	31,00	75,50	0,619	46,70	40,69	14,8
48 D2	50,00	50,08	33,05	82,76	0,688	56,97	49,74	14,5
49 D3	49,60	49,80	26,10	64,47	0,692	44,61	38,77	15,1
50 D4	49,68	49,92	27,42	68,00	0,771	52,42	45,52	15,2
51 D5	49,61	50,00	29,59	73,40	0,743	54,50	47,31	15,2
63 F3	50,18	50,44	27,44	69,45	0,722	50,16	43,78	14,6
mínimo					0,598			14,31
promedio					0,703			14,82
máximo					0,772			15,21
desv std					0,06			0,29
coef var					0,08			0,02

5.3.2.1.i. Ensayos de contracción

Las contracciones se midieron en las direcciones principales, radial, tangencial y longitudinal, dado lo numeroso de las determinaciones (420) sólo se consigna un ejemplo, el resto de los datos se encuentran en el anexo y en la planilla resumen se citan los datos medios.

Norma utilizada IRAM 9543, se utilizaron probetas s/n de 20x20x50 mm con el grano orientado según que contracción se desee determinar, realizándose dos mediciones en cada probeta y para cada estado (Hº natural – anhidra – saturada).

Instrumental utilizado: .- Calibre, marca Mitutoyo, resolución 0.01mm.

.- Balanza, marca A&D, resolución 0.01g.

.- Estufa, marca DALVO.

Método operativo: .- Preparación de probetas según norma.

.- Acondicionado en cámara de climatización (h=20% ,t=65ºc) hasta peso constante.(cinco días aprox.)

.- Pesado y medición. .

- Secado en estufa con rampa de temperatura hasta peso constante.(cuatro días aprox.)

.- Pesado y medición - Colocación en bandeja con agua sumergida hasta la mitad.(cinco días aprox.)

.- Agregado de agua hasta sumergir la probeta por completo, se la mantuvo en esta condición mínimo 7 días. -Pesado y medición



Fig. 5.3.2. Medición de contractibilidad $E_g \times E_t$ (la madera se oscurece por el tanino combinado con el hierro)

Tabla 5.3.9. Ejemplo de ensayo de contracción en Eg x Et

CONTRACCIÓN Eg x Et - IRAM 9513									
AXIL A 1	Densidad		P de clavos C (g)	0,67	He	14,10	fecha		
	G1 (g)	16,69 16,02	P (g)		G2 (g)	14,71 14,04	G3 (g)	23,37 22,70	
	L (mm)	44,03 43,49		L'(mm)	43,80 43,37	L'' (mm)	43,74 43,47		
RADIAL A 1	Densidad		P de clavos C (g)	0,68	He	15,06	fecha		
	G1 (g)	16,34 15,66	P (g)		G2 (g)	14,29 13,61	G3 (g)	23,94 23,26	
	L (mm)	40,69 40,98		L'(mm)	39,57 39,56	L'' (mm)	43,00 43,40		
TANGENCIAL A 1	Densidad		P de clavos C (g)	0,67	He	15,66	fecha		
	G1 (g)	15,07 14,40	P (g)		G2 (g)	13,12 12,45	G3 (g)	22,89 22,22	
	L (mm)	41,40 41,43		L'(mm)	39,98 39,82	L'' (mm)	43,69 43,43		

La tabla 5.3.10 resume el modelo de planilla de caracterización del híbrido, que se toma como referencia y base para comparación con otras especies. Se destacan el Módulo de elasticidad a Flexión y la densidad, que fueron tomadas a la humedad de equilibrio higroscópico de la región, 14 a 15 %.

Tabla 5.3.10. Resumen de los resultados físico mecánicos de *E. grandis* x *E. tereticornis* (UTN)

Ensayo	Norma	Unidades	E. g x E. t.		N° Probetas
			a 20° ± 5	60% ± 5	
FLEXION 20x20	IRAM 5510 - 9542				18
Tensión de Rotura		N/mm ²	92,31		
Tensión en el límite		N/mm ²	60,96		
Módulo de Elasticidad		N/mm ²	13.697,9		
Densidad c/humedad antes de ensayo		g/cm ³	0,67		
CORTE PARALELO	IRAM 9596				18
Tensión de Rotura Tangencial		N/mm ²	12,45		
Tensión de Rotura Radial		N/mm ²	11,15		
Densidad c/humedad antes de ensayo		g/cm ³	0,7		
DUREZA JANKA	IRAM 9570				18
Axial		N/mm ²	62,17		
Tangencial		N/mm ²	48,38		
Radial		N/mm ²	49,22		
Densidad c/humedad antes de ensayar		g/cm ³	0,7		
COMPRESIÓN PARALELA	IRAM 9551				10
Tensión de Rotura		N/mm ²	53,29		
Tensión en el límite		N/mm ²	19,97		
Densidad c/humedad antes de ensayar		g/cm ³	0,69		
COMPRESIÓN PERPENDICULAR	IRAM 9547				11
Tensión de Rotura		N/mm ²	12,07		
Densidad c/humedad antes de ensayo		g/cm ³	0,69		

Ensayo	Norma	Unidades	E. g x E. t.		N° Probetas
			a 20° ± 5	60% ± 5	
ARRANCAMIENTO DE CLAVOS	IRAM 9592				7
Axil		N	893,27		
Tangencial		N	1.175,39		
Radial		N	1.305,50		
Densidad c/humedad antes de ensayar		g/cm ³	0,7		
ARRANCAMIENTO TORNILLOS	IRAM 9592				3
Axil		N	1.965,60		
Tangencial		N	3.938,03		
Radial		N	3.276,00		
Densidad c/humedad antes de ensayar		g/cm ³	0,72		
CONTRACCIÓN	IRAM 9543				17 19 14
Axil		%	0,69		
Tangencial		%	7,2		
Radial		%	11,19		
HUMEDAD ANTES DE ENSAYOS	IRAM 9532				18 18
probetas 20x20		%	14,44		
probetas 50x50		%	14,82		
DENSIDAD c/humedad antes de ensayar	ASTM D2395				18 18
probetas 20x20		g/cm ³	0,669		
probetas 50x50		g/cm ³	0,703		

5.3.2.1. j. Prueba de dureza paneles enlistonados

Con tablas remanentes de los rollizos de los árboles ensayados se confeccionó unas muestras de paneles enlistonados, utilizando tablillas de 19 x 59 mm encolados lateralmente, sobre los que se realizó el test de dureza Janka en las caras longitudinales, en Forestadora Tapebicuá, empleando la norma ASTM 1037. Las dimensiones de las probetas fueron de 19,5 cm x 59,5 mm x 18 mm, con un total de 10 tablas ensayadas en sentido longitudinal mixto (tablero de listones)

En la tabla 3.11 se presentan como datos de ejemplos prácticos que complementa a los estudiados.

Tabla 5.3.11 Dureza Janka de Eg x Et medida en tableros enlistonados: Forestadora Tapebicuá

Probetas	Penetraciones	Fm (N)	Fm Kg	Probetas	Penetraciones	Fm (N)	Fm Kg
lado A	1	4932	503,27	lado C	11	4170	425,51
	2	6347	647,65		12	5600	571,43
	3	4263	435		13	4056	413,88
	4	4364	445,31		14	4168	425,31
	5	4914	501,43		15	6287	641,53
lado B	6	3791	386,84	Lado C	16	4711	480,71
	7	5206	531,22		17	4592	468,57
	8	4615	470,92		18	4631	472,55
	9	4154	423,88		19	4675	477,04
	10	5259	536,63		19	4523	461,53
			promedio			486,01 kg	

Los primeros datos preliminares muestran valores cercanos y superiores a 500 kg, el cual es tomado en la actualidad por algunas empresas como umbral mínimo para la dureza natural en pisos de madera, que no requieren de mayores aditivos, los que resultan superiores a los que habitualmente registra la empresa para *E. grandis* (350 a 400 kg), lo cual sería muy favorable pensando en usos de valor como el caso de pisos y paneles enlistonados.



Fig. 5.3.2. Panel de listones de Eg x Et mostrando distintos colores y pruebas de dureza

5.3.2.2. Estudios complementarios densidad y color, comparativo con *E. grandis* y *E.dunni*.

Con el objetivo de evaluar propiedades de la madera del EGxET que sirvan como parámetros en las selecciones tempranas del mejoramiento del INTA Concordia, y compararlas con la de *E. grandis* y *E. dunnii* se evaluaron con INTA Bella Vista 3 ensayos ubicados en el Centro y Norte de la Provincia de Entre Ríos al 6º, 9º y 10º año de edad.

5.3.2.2.a. Densidad

El material estudiado fue tomado de 3 ensayos instalados entre 1994-1999 por el INTA Concordia en el Centro y Norte de la Provincia de Entre Ríos (Tabla 1).

Los antecedentes experimentales (introducción, selección, multiplicación) del clon híbrido de *E. grandis* x *E. tereticornis* evaluado en este trabajo se encuentran detallados en MARCO ,M. y HARRAND, L.(2005). Las determinaciones se llevaron a cabo el INTA Bella Vista.

Sitios - Edad de evaluación - (años)- localización – materiales genéticos

Ensayo 1: Estancia El Payé. Villaguay ER, -Latitud: 31º 51 S, -Longitud: 59º 05'E, -Altitud: 43,0 msnm - Suelo: arcilloso – 6 años

- HGxT: clon N°128 del híbrido de *E. grandis* x *E. tereticornis* · ED: semilla de *E. dunnii*. Urbenville. NSW
- HSP: semilla de *E. grandis*. Huerto Semillero de Progenies INTA (La Calera)
- RSSJ: semilla de *E. grandis*. Rodal Semillero San Juan. INTA (F1 Sudáfrica)

Ensayo 2 Estancia San Martín. Gral. Campos: -Latitud: 31º 33'S -Longitud: 58º 24'E -Altitud: 60,0 msnm -Suelo: Arcillo-Arenoso – 9 años

- HGxT: clon N° 128 del híbrido de *E. grandis* x *E. tereticornis*
- cl-1, cl-2, cl-36, cl-B, cl-E, cl-G, cl-K: CLONES de primera generación de *Eucalyptus grandis*-INTA
- SA: semilla de *E. grandis* (F1 Sudáfrica)

Ensayo 3: EEA INTA Concordia -Latitud: 31º 22' S -Longitud: 58º 07' E -Altitud: 47,5 msnm -Suelo: Arenoso Pardo- 10 años · HGxT: clon N° 128 del híbrido de *E. grandis* x *E. tereticornis*

En los ensayos 1 y 2 se seleccionaron 8 individuos dominantes y/o codominantes de cada material. De cada individuo a nivel del DAP se extrajeron 2 muestras (corteza médula) en sentido Este-Oeste con barrena tipo Pressler de 5 mm de diámetro. En el ensayo 3 se seleccionaron 5 ejemplares de los que se extrajeron discos de 10 cm de espesor a nivel del DAP. De cada disco se obtuvieron 2 listones radiales (corteza-médula) en sentido E-O.

Cada muestra (tarugos de 5mm de y listones de 2 cm x 2 cm x 2 cm obtenidos de los listones radiales) fue dividida en 2 secciones: una externa correspondiente a 1/3 del radio (DBCORTEZA) y otra interna correspondiente a 2/3 del radio (DBINTERNA). La primera de ellas representa al 55,52% del área transversal y la segunda al 44,48%. Por tanto, la densidad básica de la sección fue calculada de la siguiente manera: $DBSEC = (DBCORTEZA \times 0,5552) + (DBINTERNA \times 0,4448)$.

En las muestras procedentes de los 3 ensayos la densidad básica fue procesada sin la eliminación de los extractivos utilizando el método de SMITH (1954).

Resultados:

En las Figuras se consignan los valores medios y las diferencias estadísticas (Waller-Duncan 5%) entre los materiales evaluados al 6° y 9° año de edad (ensayos 1 y 2 respectivamente). En ambas se diferencia la mayor densidad de la madera del clon N°128 del híbrido de *E. grandis* x *E. tereticornis* (HGxT).

En el ensayo 1 el HGxT (475,8 Kg/m³) superó al material de *E. dunnii* del origen Urbenville en 5,1% y al promedio de los dos materiales comerciales de *E. grandis* más utilizados durante los últimos años en la región en 18,1% (Figura 5.3.3.).

En el ensayo 2 la madera del HGxT con una densidad básica promedio de 525,2 Kg/m³ fue 27% más densa que la del material de *E. grandis* de procedencia Sudáfrica y entre 11,2% (cl-36) y 38,8% (cl-G) superior a la de los clones de primera generación del INTA como se observa en la figura 5.3.4.

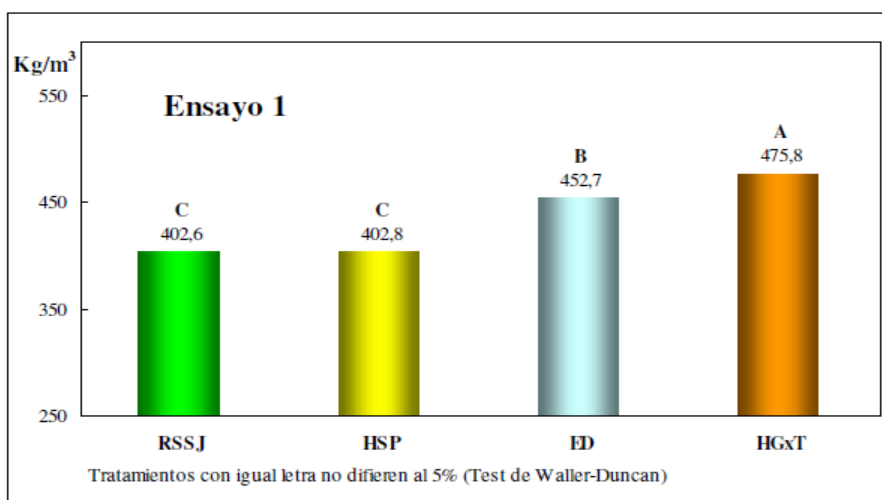


Fig. 5.3.3. . Densidad básica (DBSEC en Kg/m³) al 6° año de edad en Villaguay. Entre Ríos.

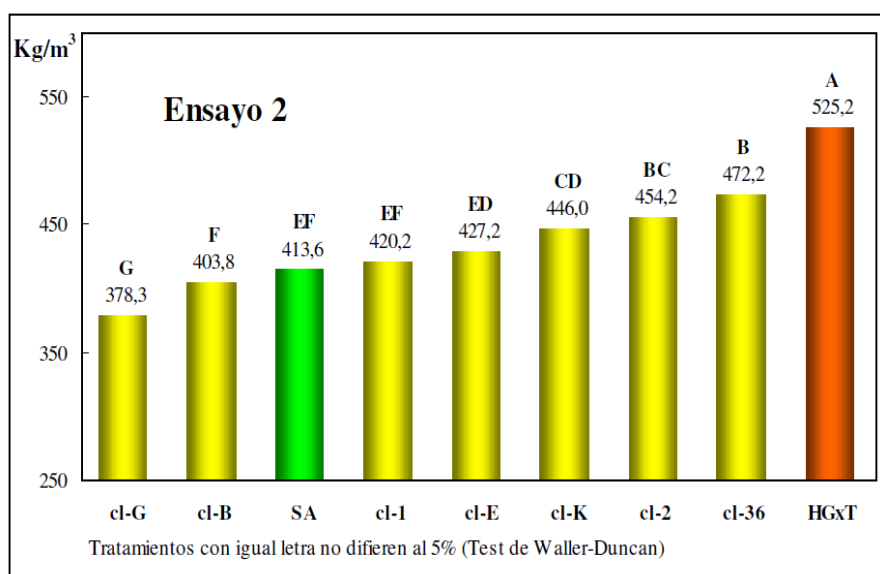


Fig. 5.3.4. Densidad básica (DBSEC en Kg/m³) al 9° año de edad en General Campos. Entre Ríos.

Para las determinaciones del color del duramen en el ensayo 3 se utilizó un colorímetro (ColorTec-PCM) con iluminante D65 y ángulo de observación de 10° determinándose las coordenadas L*, a*, y b* (Sistema CIELab76). En cada listón radial se realizaron 12 lecturas en la sección correspondiente al duramen. Estas se efectuaron sobre las caras longitudinales de los listones radiales previamente lijadas (granulometría desde 90 a 120). Sobre estos mismos listones se midió el largo de la albura en centímetros y se calculó el porcentaje de albura con respecto al área transversal sin corteza (ALB).

Como prueba exploratoria, sólo en el ensayo del sitio 3 (INTA Concordia. se determinó la contracción volumétrica en porcentaje (C. Vol) por desplazamiento de mercurio (saturado-seco 103 ± 2°C) utilizando probetas de 2 x 2 x 2 cm. (IRAM). Cabe destacar que para este mismo sitio se presentan en 5.1.2 estudios más detallados llevados en el Grupo Estudios de Madera GEMA la Universidad Tecnológica Nacional

En la Tabla 5.3.12 se consignan los resultados obtenidos para el clon híbrido de *E. grandis* x *E. tereticornis* al 10° año de edad (Ensayo 3). Cabe aclarar que aquí, al solo efecto de contar con valores de referencia, se incluyeron resultados correspondientes a individuos de *E. grandis* (Procedencia Sudáfrica) de igual edad pero que crecieron en el Sudeste de la provincia de Corrientes sobre un suelo arenoso de similares características. En la figura 5.3.5. se observa colores en los discos.

En dicha tabla se observa que la proporción de albura del HGxT fue de 49,6% (18,0% más que *E. grandis*), la densidad de la madera de 593,3 Kg/m³ (33,9% mayor que la *E. grandis*) y la contracción volumétrica de 17,8% (19,5% más que *E. grandis*).

Tabla 5.3.12. Proporción de albura, densidad básica, contracción volumétrica y colorimetría de *E. grandis* x *E. tereticornis* y de *E. grandis* al 10° año de edad. LOPEZ, J. (2007).

Especie	Albura %	Densidad bs g/cm ³	Contracc V %	duramen		
				L	a	b
E g x Et	49,6	593	17,8	71,9	26	19,8
<i>E grandis</i> 1	42,0	443	14,9	72,6	21	17,9

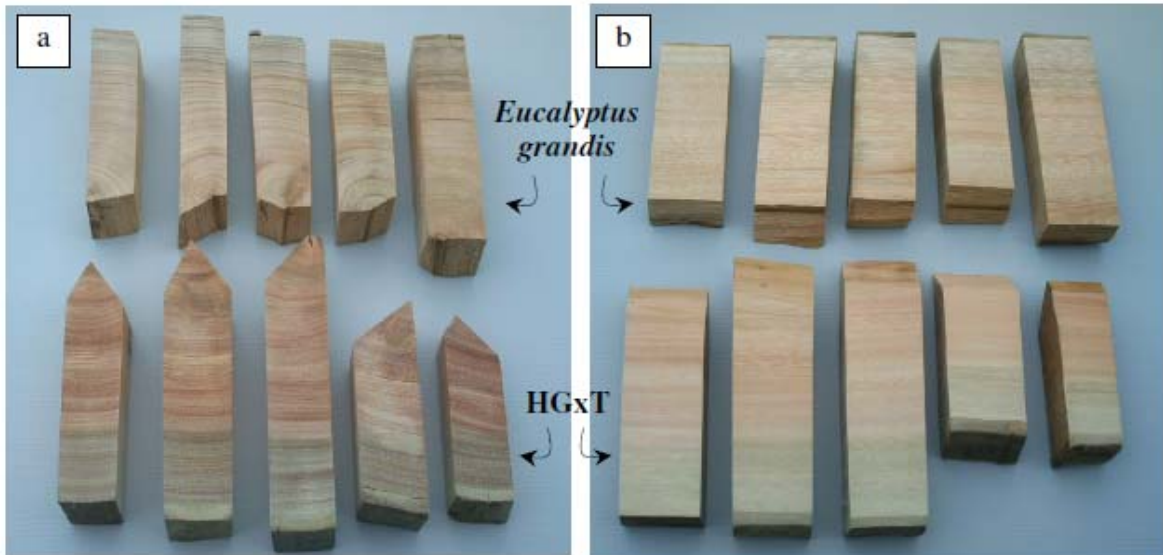


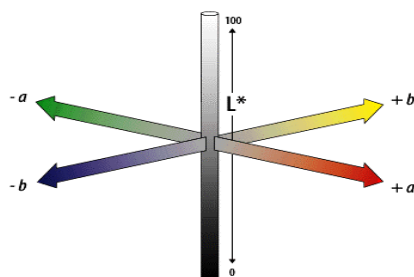
Fig. 5.3.5. Muestras de *E. grandis* y Eg x Et, comparativas de color LOPEZ, J.

5.3.2.3 Colorimetría en madera aserrada. INTA Concordia

5.3.2.3. a. Fundamentos y metodología

Dado que se cuenta con madera aserrada de distintas edades y clones, se realizaron mediciones de color, tanto en albura como en duramen, empleando el Modelo Cielab de la CIE (Comisión Internationale de l'Eclairage) modificado en 1976 publicado como el "CIE LAB color system" que cambió la forma de notación y representa un avance sobre los modelos anteriores, dimensionando la totalidad del espectro visible.

Considera el espacio en forma uniforme y despliega tres ejes espaciales: L (luz, blanco- negro), a (rojo-verde), b (amarillo- azul). El componente de luminosidad (L) oscila entre 0 y 100. El color CIE LAB es independiente del dispositivo de salida, crea colores coherentes con independencia de los dispositivos concretos, como monitores, impresoras u ordenadores utilizados para crear o reproducir la imagen. Los tres ejes del sistema CIELAB se indican con los nombres L^* , a^* y b^* . Representan, respectivamente Luminosidad, tonalidad de rojo a verde y tonalidad de amarillo a azul (los dos últimos ejes están inspirados en la teoría de los colores opuestos).



Se empleó un colorímetro óptico MINOLTA CR 300, con procesador de datos DP-301. El mismo posee una superficie de medición de 50mm² y utiliza iluminación difusa / 0° mediante una luz xenón incorporada e iluminante d65 para proporcionar mediciones en una amplia variedad de superficies. El equipo dispara un impulso de luz a través de una lámpara de xenón cada vez que se realiza una medición. La luz reflejada en forma perpendicular a la superficie es recogida el sensor y transmitida por

el cable de fibra óptica para el posterior análisis de color. Se efectuaron al menos 5 disparos (mediciones sobre cada parte de las piezas). La madera se lijó previamente para contar con una superficie limpia y no afectada por la fotodegradación, usual en eucalipto, como se observa en la imagen 5.3.8.



Fig. 5.3.6. Colorímetro óptico – mediciones en tablas.

Cabe destacar que como se menciona en un trabajo de INTA Concordia con *E. grandis*, es sumamente difícil lograr el color representativo, dada la gran variación de colores a lo que se suma que se tiene diferenciada la albura y el duramen. Incluso la preparación de la muestra puede influir si no se trata en forma igualitaria (COCO, J. 2010). Por ello a fin de contar con parámetros de referencia y establecer la relación con sus progenitores, se seleccionaron tablas que tuvieran colores representativos de *E. grandis*, *E. tereticornis* y el Híbrido Eg x Et, con la salvedad del caso.

También se hicieron unas determinaciones en discos de los árboles estudiados, para ver su correspondencia con las tomadas en tablas, pero esto no se consigna pues no hace al objetivo de esta muestra. En el caso que notoriamente se tenía una coloración más oscura se tomó nota, para observar como se refleja en los datos

A fin de realizar una comparación de los datos a y b, los mismos se llevaron a los índices únicos de “tono”= arcotangente de b/a y “Cromaticidad”= Raíz cuadrada de $a^2 + b^2$.

5.3.2.2. b.-Resultados

Tabla 5.3.13 Medición de color L , a , b en duramen de tablas de Eg x Et

duramen tablas	L	a	b	especie	observaciones
1	72,14	10,37	20,26	gr	
1	72,18	11,18	19,95	gr	
1	74,17	10,61	19,91	gr	
1	71,22	9,19	18,81	gr	
1	73,26	8,64	18,34	gr	
1	76,79	8,60	17,54	gr	
1	73,49	9,19	19,00	gr	
media	73,32	9,68	19,12		
2	68,64	10,52	23,21	h 6 años	oscura
2	68,57	10,56	22,86	h 6 años	oscura
2	77,56	7,11	18,13	h 6 años	duramen

2	78,16	6,79	17,37	h 6 años	duramen
2	76,06	7,45	18,17	h 6 años	duramen
2	75,22	6,31	16,52	h 6 años	duramen
2	76,99	7,30	18,34	h 6 años	albura -dur
media	74,46	8,01	19,23		
3	68,00	12,04	20,66	h 10 años a	oscura
3	67,54	11,69	19,91	h 10 años a	oscura
3	67,32	12,21	20,74	h 10 años a	oscura
3	66,70	12,34	20,88	h 10 años a	oscura
3	67,69	12,09	20,81	h 10 años a	oscura
3	70,56	11,33	21,29	h 10 años a	interm
3	70,10	11,67	21,28	h 10 años a	interm
3	70,83	11,11	20,76	h 10 años a	interm
3	72,19	10,31	19,64	h 10 años a	interm
3	68,16	12,11	21,20	h 10 años a	interm
media	68,91	11,69	20,72		
duramen tablas	L	a	b	especie	observaciones
4	67,63	11,75	21,60	h 10 años b	
4	65,59	12,61	21,60	h 10 años b	
4	66,42	12,71	21,85	h 10 años b	
4	68,19	12,46	22,42	h 10 años b	
4	68,30	12,03	22,15	h 10 años b	
4	69,07	11,29	21,47	h 10 años b	
4	67,02	12,17	21,82	h 10 años b	
4	70,58	10,43	20,72	h 10 años b	
4	70,40	10,79	21,06	h 10 años b	
4	69,88	10,79	20,91	h 10 años b	
media	68,31	11,70	21,56		

Del análisis de la varianza de las medias de “tonalidad” del duramen para las 3 especies se encuentran diferencias significativas que permiten determinar que el *E. tereticornis* es la más oscura, *E. grandis* la de mayor luminosidad y el híbrido Eg x Et resulta en una situación intermedia entre los progenitores.

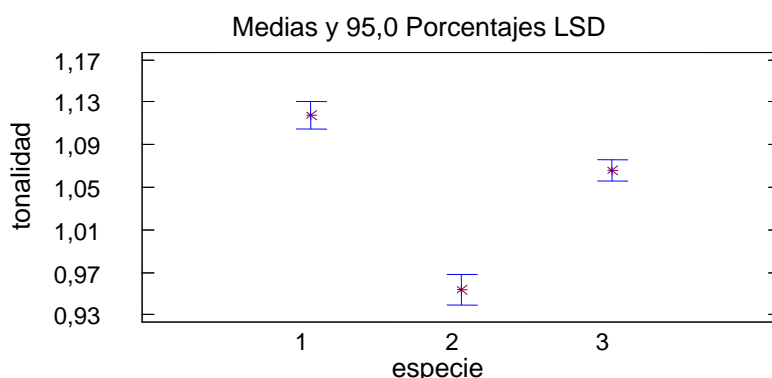


Fig. 5.3.7. Gráfico de análisis de varianza de tonalidad en tablas de *E grandis* (1), *E tereticornis* (2) y Eg x ET (3).

Tabla 5.3.14. Tabla ANOVA y Grupos homogéneos para tonalidad según especie

Fuente	Sumas de cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,153203	2	0,0766014	117,89	0,0000
Intra grupos	0,0253401	39	0,000649745		
Total (Corr.)	0,178543	41			

Método: 95,0 porcentaje LSD

especie	Frec.	Media	Grupos homogéneos
<i>E. tereticornis</i>	10	0,952969	X
Híbrido Eg x Et	20	1,06567	X
<i>E. grandis</i>	12	1,11752	X
Contraste		Diferencias	+/- Límites
1 - 2		*0,164547	0,0220761
1 - 3		*0,0518474	0,0188266
2 - 3		*-0,1127	0,0199686

* indica una diferencia significativa al 95%



Fig. 5.3.8. Tablas mostrando la gama de colores de *E. grandis*, *Híbrido Eg x Et*, *E. tereticornis* (lijado y viejo), con efecto de la fotodegradación.

Se consigna por separado los valores de albura, aunque se debe comentar que se complica más aún por la frecuente presencia de la mancha gris, o ceniza, que modifica total o parcialmente el color de la albura sin poder discernir si se trata de su efecto o no. Se citan los datos para dejar constancia de la referencia de los mismos.



Fig. 5.3.9. Rodajas de distintas alturas del fuste mostrando colores, y % de albura y corteza

Tabla 5.3.14. Medición de color L , a , b en albura de tablas de Eg x Et

albura tablas	L	a	b	especie
1	72,55	7,12	18,52	gr
1	65,13	8,02	19,30	gr
1	68,23	7,34	18,25	gr
2	73,56	5,57	17,58	h 6 años
2	74,34	5,36	17,79	h 6 años
2	72,54	5,41	18,00	h 6 años
3	75,03	6,86	15,64	h 10 años a
3	73,82	6,89	15,37	h 10 años a
3	72,61	7,12	15,59	h 10 años a
3	72,65	7,40	17,40	h 10 años a
3	70,67	7,87	17,93	h 10 años a
4	72,64	6,69	16,83	h 10 años b
4	73,21	6,62	16,65	h 10 años b
4	72,45	6,91	16,78	h 10 años b
4	72,49	6,75	17,17	h 10 años b
4	71,76	6,81	17,36	h 10 años b



Fig. 5.3.10. Albura Eg x Et con mancha ceniza - colores de *E. tereticornis* , híbrido Eg x Et y *E. grandis*

5.3.3. Consideraciones y comparaciones: propiedades Físico-Mecánicas

Dada la búsqueda del empleo en usos sólidos con valor agregado, interesa particularmente establecer comparaciones con los materiales progenitores, como así también con otras especies plantadas para determinar su aptitud para los procesos que actualmente se tienen en Argentina, y los posibles futuros a generarse. En primer término se comparan los datos obtenidos, con sus progenitores, como se muestra en la tabla 5.3.15

Tabla 5.3.15. Comparación Eg x Et de 9 años con *E. grandis* de 12 años INTA Concordia SANCHEZ ACOSTA, M

ENSAYO	UNIDADES	E. g x E. t.	E grandis
FLEXION ESTÁTICA			
Tensión de Rotura	N/mm ²	92,31	72
Módulo de Elasticidad	N/mm ²	13.697	9.638
CORTE PARALELO			
Tensión de Rotura Tangencial	N/mm ²	12,5	11,0
Tensión de Rotura Radial	N/mm ²	11,2	11,0
DUREZA JANKA			
Axil	N/mm ²	62,17	44,10
Tangencial	N/mm ²	48,38	28,42
Radial	N/mm ²	49,22	27,93
COMPRESIÓN PARALELA			
Tensión de Rotura	N/mm ²	53,3	42,0
COTRACCIÓN			
Tangencial	%	11,19	7,20
Radial	%	7,20	3,50
Volumétrica	%		16,9
DENSIDAD	Kg/m ³	703	467

En el estudio descripto realizado en la UTN la densidad a edades de corte (9 años de Eg x Et, y de 9 a 12 años en *E. grandis*, (SANCHEZ ACOSTA, M. 2005) se tiene una diferencia en la densidad de 33 % más a favor del Eg x Et, esto se corresponde con una diferencia del 29 % en el caso del Módulo de elasticidad, y un 29 % en el caso de la dureza Janka, lo cual marca una consistencia en los resultados.

En cuanto a densidad los resultados de los estudios en la UTN (SANCHEZ ACOSTA, M. 2007) sumados a los del INTA Bella Vista son coincidentes con los reportados por VAN WYK, G *et al.* (1989) quienes indican que la madera del más densa que la de *E. grandis* (472 Kg/m³ para el híbrido y 416 Kg/m³ para *E. grandis* a edad de 33 meses). Asimismo, son similares a los informados por MALAN, F. (1992) quien al evaluar al 5° de edad tres clones híbridos de *E. grandis* x *E. camaldulensis* y tres de *E. grandis* x *E. tereticornis* en diferentes sitios de Sudáfrica concluye que ambas combinaciones híbridas produjeron, en general, madera de mayor densidad que la de *E. grandis*, aunque con un comportamiento intermedio respecto a la densidad de las especies parentales utilizadas. No obstante, también fueron detectadas diferencias altamente significativas entre sitios y entre clones dentro de híbridos.

En cuanto al color los ensayos muestran una tonalidad intermedia entre *E. grandis* y *E. tereticornis*, aunque con mayor semejanza al *grandis*, con lo que sus productos sólidos podrían entrar en los mismos rubros que LOPEZ, J. (2007) comenta en su información presentada, si bien se refiere a un único clon, permite inferir un prometedor potencial para usos sólidos del híbrido de *E. grandis* x *E. tereticornis* en relación a densidad y color de la madera. Sin embargo, la mayor proporción de albura y la mayor contracción volumétrica de su madera lo posicionan desventajosamente frente a *E. grandis*. De acuerdo a las tablas comparativas, según las clasificaciones de denominaciones usuales en Argentina (LABATE, TINTO J, 1975) se hizo una comparación general del híbrido Eg x Et, con sus progenitores, con datos de Argentina.

Tabla 5.3.16 - Características generales de *E. tereticornis* – *E. grandis* y Eg x Et en Argentina TINTO, J. SANCHEZ.ACOSTA, M.

Características	<i>E. tereticornis</i>	<i>E. grandis</i>	Hibrido Eg x Et
Organolépticas			
color albura	blanco crema	blanco crema	blanco-crema
color duramen	rojizo claro	castaño rosado	rojizo amarronado
textura	mediana	mediana	mediana
grano	entrelazado	derecho-entrelaz.	Derecho -entrelazado
brillo	mediano	mediano	mediano
veteado	suave	suave	suave
peso	pesada	liviana	liviana- semipesada
dureza	dura	blanda	semidura (Janka)
Físicas			
Densidad gr/dm ³	850 -950	470 - 560	650-750 al 14 % H°
Contracciones en %			
radial	6,9	5,8	7,9
tangencial	13,4	10,4	11,2
volumétrica	23,0	14,9	17,8
relación T/R	1.94	1.79	1,54
Mecánicas			
Flex. estática (kg/cml)			
Tensión de rotura Kg/cm ²	1.576	732	920
Módulo de elast. Kg/cm ²	143.200	98.345	137.000
Compresión. axial kg/cm ²			
Módulo de rotura kg/cm ²	698	343	532
Dureza transv. (Janka)	836	451	621

Los valores para *E. tereticornis* que se disponen, son de determinaciones de hace muchos años, cuando no se conocían los materiales genéticos originales, LABATE, TINTO J, (1975), pero en todos los casos resultan superiores a los del híbrido, como se consigna en la tabla (densidades superiores a 850 kg/m³), por lo que como era de esperar los valores que se disponen de este nuevo híbrido, muestran que se obtienen valores intermedios entre sus progenitores.

Con el fin de comparar con la especies de rápido crecimiento que actualmente se plantan en Argentina, y que promociona en el Estado Nacional, se consigna la tabla comparativa elaborada por el Instituto Nacional de Tecnología Industrial INTI, en su centro ex CITEMA, actualmente INTI Madera y Muebles, donde se puede observar que el *híbrido E grandis x E. tereticornis*, tiene valores de densidad y de resistencia superiores a todas las especies plantadas de rápido crecimiento.

Tabla 5.3.17 Propiedades medias de las maderas de rápido crecimiento en Argentina- CITEMA.

Especies		Pe	Pt	Eg	Al 1	Al 2	EgxEt
	unidad	1	2	3	4	5	6
PROPIEDADES MECANICAS							
Resistencia a la Flexión estática							
Tensión en el límite de elasticidad	Kg/cm ²	392	574	519,7	431	411	
Tensión de rotura	Kg/cm ²	798	854	731,7	627	590	920
Módulo de elasticidad	Kg/cm ²	61750	83800	98345	55500	68800	137000
Resistencia a la Compresión paralela a las fibras							
Tensión en el límite de elasticidad	Kg/cm ²	258	260	257,8	232	170	
Tensión de rotura	Kg/cm ²	309	330	342,8	287	210	
Dureza Janka							
Cara transversal	Kg/cm ²	541	403	451	216	280	620
Cara radial	Kg/cm ²	256	303	285	153	130	480
Cara tangencial	Kg/cm ²	320	273	291	165	160	490
Resistencia al Corte paralelo a las fibras							
Sentido radial	Kg/cm ²	119	116	109	66	76	120
Sentido tangencial	Kg/cm ²	107	135	115	72	89	110
Resistencia a la Compresión perpendicular a las fibras							
Tensión de rotura	Kg/cm ²	97	73	80,8	66,4	39,7	
PROPIEDADES FISICAS							
Contenido de humedad							
	%	15	12	14	15	15	14
Densidad aparente a la humedad indicada	Kg/m ³	439	430	467	440	420	703
Densidad aparente anhidra	Kg/m ³	436	421	412	410	381	
Contractibilidad (saturado - seco)							
Tangencial	%	2,4	2,8	7,2	8,7	8,34	11,1
Radial	%	2,0	2,0	3,5	4,0	3,82	7,2
Volumétrica	%	10,3	11,1	10,4	14,1	12,8	16
Relación T/R							
		1,2	1,4	2,05	2,17	2,18	1,54

1-PINO ELLIOTTII (*Pinus Elliottii*) Pe- 2-PINO TAEDA (*Pinus taeda*) Pt - 3-EUCALIPTO GRANDIS (*Eucalyptus grandis*)- 4- ALAMO 214 (*Populus x euramericana cv I- 214*) - 5- ALAMO 63/51 (*Populus deltoides cv I 63-51*) 6: Eg x Et

5.3.4. Conclusiones: Características Físico -mecánicas

-De lograrse la implantación a escala comercial del Eg x Et surgiría como la madera de mejor comportamiento estructural dentro de todas las especies de rápido crecimiento plantadas en Argentina.

- De los análisis físico mecánicos se puede concluir que el híbrido *E grandis* x *E tereticornis* se destaca por su mayor densidad y resistencia, comportándose como las maderas semiduras del mercado nacional, superando al *E. grandis* en densidad y dureza, y al resto de las maderas implantadas de rápido crecimiento

Esto las hace más propicias para su empleo en pisos, o usos que requieren mayor resistencia (muebles especiales, marcos de puertas y ventanas, etc. y muy especialmente para usos estructurales, como el caso de viviendas, debido a su relación peso/resistencia.

-Posee las cualidades típicas de los eucaliptos en cuanto a contractibilidad, aunque tiene valores individuales más desfavorables de contracción tangencial y radial, tiene una menor relación T/R que el resto de los eucaliptos citados. Esto podría ser optimizado con el mejoramiento genético

-La mayor dureza y densidad que presenta hace que se deba pensar en adecuar el equipamiento y hojas de sierra si se quiere trabajar con la misma maquinaria empleada en *E. grandis*.

-Por el momento viene presentando un menor índice de rajado (fendas de cabeza) que el *E. grandis*, lo cual deberá refrendarse con estudios futuros.

- Su coloración más elevada puede ser un efecto negativo en el caso que se necesite maderas claras.

-Los valores muestran que las propiedades resultantes son intermedias entre sus progenitores, *E. grandis* y *E. tereticornis*, y que no presentan características que puedan tomarse como limitantes.

-Sus propiedades la hacen apta para la mayoría de los usos sólidos actuales del *E. grandis*, siendo más adecuadas cuando se requiere dureza, en cuanto a sus residuos o madera de poco diámetro en ese sentido también es más favorable para la fabricación de paneles de astillas (aglomerados), de fibra de mediana densidad MDF, y muy particularmente para los de fibra de alta densidad HDF, que prefieren la madera de más densidad y de tono más oscuro.

-Tras estos estudios referenciales se considera importante comenzar a indagar sobre características determinadas, en especial en aquellas de interés para el mejoramiento genético, con vistas a los distintos usos industriales.

Se considera que con este paquete de información generada, sobre el conjunto de las propiedades, y su comportamiento mecánico, hacen que se visualice como una especie que no tiene mayores limitantes, y hasta puede ser más adecuada en ciertos casos que las empleadas actualmente, y que debería ser contemplada en la producción privada, y en los planes de fomento del Estado.

5.4. Características energéticas

El empleo de la madera para producción de energía se conoce hace largo tiempo, pero dada su importancia actual en el empleo industrial ha generado toda una ciencia denominada "dendroenergía". Este recurso, dado su origen biológico y factible de manejar a perpetuidad en forma sustentable, se lo califica como "*combustible renovable*" entrando además en la categoría de "*alternativo*" a los tradicionales derivados del petróleo u otros no renovables.

Tal es su importancia ambiental, que hoy día en Argentina los proyectos más factibles de los denominados "mecanismos limpios" MDL para la obtención de bonos de carbono, son aquellos relacionados con las energías alternativas de sustitución de las tradicionales. Además se cuenta con la Ley de Energía que ya va previendo la sustitución gradual obligatoria principalmente de los combustibles fósiles, fomentando económicamente a las energías alternativas. (CASTILLO MARIN, N. 2006.)

En los últimos años las plantaciones forestales (especies de rápido crecimiento) están tratando de reemplazar o complementar en usos a las maderas de bosques nativos, procurando bajar la presión de tala que existe sobre ellos, con la finalidad de lograr la recuperación de bosques degradados, frenar la deforestación, llegando a un correcto manejo sustentable, que permita el empleo de la madera nativa para usos más nobles. La provincia de Misiones en el 2011 ha anunciado su Plan de Leña, llegando a una sustitución total de leña nativa para el año 2016. Para ello tiene previsto la plantación de más de 5000 ha de eucaliptos (BOLETIN NOVEDADES FORESTALES, 2011)

El empleo de dendroenergía hoy día está en pleno desarrollo en el país. También es muy incipiente el tema de los pellets, existiendo ya 3 plantas en el país, y con 2 proyectos en marcha uno de los cuales se radicará en la ciudad de Concordia, Entre Ríos.

Uno de los usos dados a la madera de eucalipto a nivel internacional es el de dendroenergía. Un caso cercano típico es el de Brasil, donde a partir de la crisis del petróleo de 1973 el gobierno tomó la decisión de generar recursos energéticos a partir de eucalipto, y es así como hoy día cuenta con casi 4 millones de ha forestadas con esta especie, y numerosas fábricas que se abastecen de leña y carbón, siderurgias que emplean carbón de eucalipto para la fabricación del acero, y un interesante consumo interno de carbón de eucalipto para la preparación del "churrasco" o barbacoa (nuestro asado).



Fig. 5.4.1. Carbón de eucalipto destinado a barbacoas (asado) en Brasil

Para el caso particular de nuestro país, el contar con energía generada con biomasa para las industrias tiene una ventaja estratégica muy importante, como lo es la “independencia” de las redes de consumo eléctrico, y de los combustibles fósiles, ya que en los últimos 5 años han sido frecuentes los cortes de energía temporarios cuando la población requiere el mayor consumo, así como también existen frecuentes problemas para conseguir combustibles líquidos como el caso del gasoil y fueloil. Este panorama se ve agravado con el crecimiento anual de la economía, de 5 a 9 % anual, y la falta de nuevas instalaciones energéticas. Dados los cuestionamientos actuales a la energía nuclear y la hidroeléctrica, la dendroenergía está surgiendo como una alternativa interesante para el corto y mediano plazo, con el hecho positivo que puede ser empleada en pequeña escala, hasta en uso hogareño.

Los residuos de aserradero, que como se comentara pueden superar el 50% de la madera introducida a la industria, tradicionalmente se ha comercializado para los mercados celulósicos, y en la última década con destinos de plantas de tableros de fibra y astillas. Con esta nueva tendencia se abre una nueva alternativa de mercado que generará competencia por estos, ahora denominados, “subproductos”, mejorando los precios y colaborando a lograr rentabilidad del negocio.

La otra gran fuente de biomasa son los restos de la cosecha forestal, las que pueden llegar al orden del 20% de lo efectivamente cosechado, RIEGELHAUPT, E (1987). En este sentido es preocupación del INTA el generar el mínimo impacto en la exportación de nutrientes, por lo que los estudios llevados con el LISEA de la UNLP, muestran la gran cantidad de elementos que se encuentran en la corteza, siendo menor la proporción en la madera, por lo que se aconseja dejar la corteza en el monte, y tratar de retirar sólo madera, cosa habitual en los aprovechamientos con destinos celulósicos.

Dadas estas posibilidades actuales y futuras se considera de importancia contar con las referencias de las propiedades energéticas de la madera del híbrido Eg x Et, ya que el fomentar su plantación implica que se cuente con destinos ciertos para los residuos, o subproductos del monte y la industria.

En otro sentido, usualmente para estos destinos se prefiere madera con más densidad, por lo que se espera que el Híbrido Eg x Et al ser más pesado mejore las condiciones de la madera de *E. grandis* para este destino.

Por ello durante el 2011 el INTA ha encarado ensayos referidos al poder calorífico, el contenido de cenizas en madera y corteza, y complementariamente un ensayo de quemado de astillas. Los mismos se han realizado en laboratorios del INTA Concordia, en el laboratorio de energía del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), y en la Cátedra de Dendrología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la UNLP. Intervinieron en los mismos el Ing. Mario OGARA, y el técnico Fabio DI BENEDETTI del INTI, la Ing. Stella RIVERA de la UNLP, y los Ings. Ciro MASTRANDREA y Martín SANCHEZ ACOSTA del INTA Concordia.

5.4.1. Material y Métodos

El material empleado es el de la plantación en INTA Concordia del clon N°128 , utilizado en el resto de los ensayos citados en el presente trabajo

EEA INTA Concordia -Latitud: 31° 22' S -Longitud: 58° 07' E -Altitud: 47,5 msnm -Suelo: Arenoso Pardo- distancia de plantación 3 x 3 m, HGxT: Clon 128 del híbrido de *E. grandis* x *E. tereticornis*. Edad 13 años.

Se obtuvieron discos de 5 cm de espesor al DAP, 50 % y 75 % de la altura total del árbol.

Los métodos se detallan en cada ensayo

5.4.2 Ensayos – resultados

5.4.2.1. Determinación del poder calorífico del híbrido Eg x Et

Método: Para el poder calorífico se empleó la NORMA JIS 8814

La madera proveniente de los discos de la altura de pecho DAP fue dividida en 3 partes según el sentido radial, tomando muestras correspondientes a las zonas de la periferia “albura”, zona intermedia “duramen” y el centro del tronco “duramen–médula”. Con una porción se realizó el análisis de humedad según norma IRAM, empleando estufa a 100°C ± 5°C, con secado hasta peso constante, empleando balanza de precisión de 0.01 g. Este valor de humedad sirve para referenciar la humedad de ensayo y ajustar los valores finales.

El resto de la muestra se dividió en tamaño de pequeños prismas, de 2 mm x 2 mm por el espesor del disco, se colocó de 2 g de madera, pesadas con precisión de 0,001 de g, en la canasta del aparato para cada carga (esto es regulable según el poder calorífico esperable). La madera se rodea con un alambre de una aleación especial, el que se une a cada terminal interno de la bomba (este será el responsable de la “explosión” interna para la combustión total).

La canasta se coloca dentro de una cápsula metálica, la que se presuriza con oxígeno puro a 25 bares. Se controla el paso de corriente en los terminales, y la calibración de la bomba. Esta cápsula se introduce en la bomba, la cual internamente la rodeará de agua. Se calibra la computadora colocando el peso de la muestra, y se acciona la bomba para la combustión. En pocos minutos, terminada la “explosión” el aparato mide la energía liberada, a través del cambio de temperaturas de los líquidos, y la computadora entrega directamente un registro con el valor del poder calorífico superior. Se abre la cápsula para comprobar la total combustión y que no queden residuos. Cabe consignar que en el país sólo existen 2 de estas bombas funcionando para la medición de productos madereros.

A continuación se muestran los pasos el tipo de muestras, su atado con el hilo metálico, la introducción en la cápsula para su presurización, la introducción en la bomba calorimétrica, y el registro de los resultados que brinda el equipo.



Fig. 5.4.2. Pasos en la determinación de poder calorífico superior del híbrido Eg x Et .

De acuerdo a la norma se efectuaron dos mediciones para cada caso, siendo que para el duramen intermedio se realizó una tercera para corroborar si los valores seguían siendo superiores.

Debido a lo costoso de estas determinaciones usualmente se realizan pocas mediciones, con el fin de referenciar la especie, sólo se llega a nivel de enunciar los resultados.

En la tabla siguiente se consignan los valores en la unidades habituales (antiguamente en Kcal/kg, y actualmente en J/g), consignando las medias y a qué determinación corresponde.

Este ensayo se realizó en noviembre de 2011 en el laboratorio del grupo Energía del INTI en Buenos Aires.

Resultados:

Tabla 5.4.1. Determinación del poder calorífico superior del híbrido E grandis x E tereticornis

Determinación	unidad	Albura	Duramen interm.	Duramen médula
Poder calorífico sup.	J/g	18.475	18.408	18.308
	Kcal/kg	4.413	4.397	4.373
Poder calorífico sup.	J/g	18.446	18.839	18.404
	Kcal/kg	4.406	4.500	4.396
Poder calorífico sup.	J/g		19.333	
	Kcal/kg		4.618 (*)	
Medias	J/g	18.460	18.860	18.356
	Kcal/kg	4.409	4.505	4.384

(*) Se realizó una medición adicional para corroborar que el duramen da valores superiores

5.4.2.2. Determinación de cenizas en madera y corteza del híbrido Eg x Et

Materiales y método

Esta determinación se llevó a cabo en laboratorios del INTA Concordia, Entre Ríos, en el año 2011. Se empleó el mismo material que en el ensayo de poder calorífico: Plantación en INTA Concordia del clon Nº128, utilizado en el resto de los ensayos citados en el presente trabajo

EEA INTA Concordia -Latitud: 31° 22' S -Longitud: 58° 07' E -Altitud: 47,5 msnm -Suelo: Arenoso Pardo- distancia de plantación 3 x 3 m, H Eg x Et: Clon 128 del híbrido de *E. grandis* x *E. tereticornis*. Edad 13 años.

Se obtuvo muestras del disco DAP, consignando 4 tipos de muestras "corteza", "albura", "duramen", y "médula" la madera y la corteza se desmenuzó en primera instancia a tamaño de astillas, para luego en un molinillo llevarlo a partículas de malla 40, quedando como un aserrín grueso (cabe comentar que la corteza toma una textura muy distinta)

La metodología empleada es la de la norma ASTM, D 1102 - 84 (Re-aprobada 1995) "estudio de cenizas en madera", la que básicamente consiste en llevar la madera y cápsulas a emplear a estado anhidro, llevando a 100°C ± 5°C hasta peso constante, y enfriando en campana desecadora. Se pesan las capsulas y la capsula más la madera.

Dado que se preparan muestras de 2 g, y los resultados son del orden menor al 1%, las mediciones de peso se deben realizar en balanza con precisión de milésima de gramo 0,001 g.

Las cápsulas se colocan en mufla, y se lleva paulatinamente a 100° - 200° - 400°C, para terminar calcinando a 700°C. Este paso se debe hacer lento para no perder cenizas ni generar brucas corrientes internas.

Una vez calcinadas las capsulas con la ceniza se enfrían en campana desecadora y luego se pesan. Por diferencia con el peso anterior se obtiene el peso de la ceniza, el cual se referencia a la madera anhidra inicial en porcentaje. La Norma exige realizar dos mediciones para contar con una de respaldo.

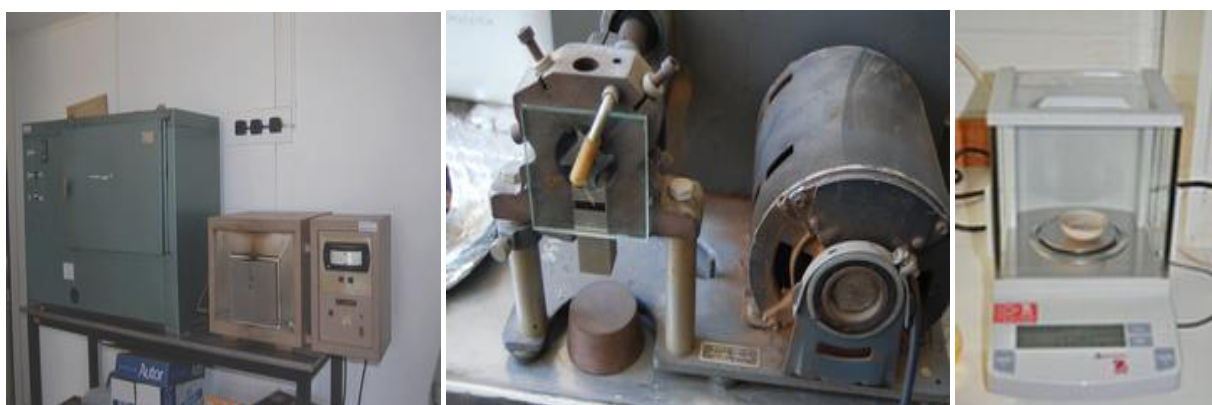


Fig. 5.4.3. Instrumental empleado en la determinación de cenizas: estufa-mufla-molino –balanza. INTA 2011



Fig. 5.4.4. Astillado y preparación de las distintas fracciones de la madera de Eg x Et



Fig. 5.4.5. Distinta coloración y textura de astillados de albura, duramen y corteza del híbrido Eg x Et

Tabla 5.4.2. Determinación de cenizas en híbrido grandis x tereticornis en madera y corteza

n muestra	n cápsula	peso cap	cap+ mad frio	madera frio	cap+ceni frio	ceniza h - c	% ceniza
1	5	23,71	25,902	2,192	23,714	0,004	0,18
6	72	16,624	18,935	2,311	16,631	0,007	0,30
2	2	15,88	18,007	2,127	15,889	0,009	0,42
7	1	13,605	15,926	2,321	13,609	0,004	0,17
3	4	23,504	26,239	2,735	23,514	0,010	0,37
8	7	24,594	27,097	2,503	24,601	0,007	0,28
Madera promedio							0,29 %
4	11	21,003	23,155	2,152	21,219	0,216	10,04
5	3	16,983	19,224	2,241	17,198	0,215	9,59
Corteza promedio							9,82 %

Tabla 5.4.3. Resumen de resultados de cenizas en Eg x Et

Ceniza albura duramen Eg x Et			Ceniza en corteza		
n muestra	% ceniza	Observaciones	N muestra	% ceniza	Observaciones
1	0,18	albura	4	10,4	corteza
6	0,30	albura	5	9,59	corteza
2	0,42	duramen			
7	0,17	duramen			
3	0,37	medula			
8	0,28	medula			
promedio	0,29 %			9,82 %	

Los resultados son los normales para eucaliptos, con valores inferiores al 1% en madera, y valores altos, superiores al 5% en corteza, lo cual es fácilmente observable en las cenizas que quedan en las cápsulas luego de la calcinación como puede verse en la imagen siguiente. Las dos cápsulas del ángulo inferior izquierdo son de corteza, con abundante contenido. Nótese de lo ínfimo del material que queda en las cápsulas correspondiente a madera. En ambos casos de parte de 2 g de material, por lo que se requiere trabajar a la milésima de gramo de precisión.



Fig.5.4.6. Cenizas de corteza (2 inf. Izquierda) y madera del híbrido Eg x Et después de calcinación a 600°C

5.4.2.3. Test de quemado de astillas

Como actividad complementaria en el laboratorio de Dendrología de la Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de La Plata, se llevó a cabo un test de quemado de astillas de la madera del híbrido Eg x Et, comparado con E. grandis y el híbrido E grandis x E. camaldulensis, en el 2011

Este test muestra la forma de quemar de las maderas, lo que se toma como un índice para su diferenciación y sus posibles destinos. Las maderas que quedan prácticamente intactas como carbonizadas indican su aptitud para la carbonización de tipo industrial, como por ejemplos los eucaliptos pesados, por el contrario las que se desmaterializan sin dejar residuos son aptos para quemar en calderas, por sus bajos residuos y contenidos.

5.4.2.3. a.-Metodología

Este test corresponde a los códigos 217-218-219-220 y 221 de: *IAWA list of microscopio features for hardwood identification* del año 1989 publicado en *IAWA Bulletin* n.s. 10 (3): 219-332. ,el listado internacional estandarizado para la identificación de maderas.

Se prepararon astillas de aprox. 7 x 7 x 15 mm (aproximadamente) a partir del duramen medio, seco al aire. Las astillas fueron encendidas con un fósforo evitándose el uso de llama de encendedores o mecheros que producen mayor temperatura. Se encendieron las astillas mientras se mantuvieron en posición vertical con pinza. Cuando se quemaba se fue rotando suavemente para ayudar a la combustión.

5.4.2.3.b.-Resultados: Los resultados obtenidos corresponderían al Código 217

217 “*Quemado de astilla a carbón, considerando Carbón el residuo carbonizado ó ennegrecido de una astilla a la que, en general, se quema lentamente y/o con dificultad. Puede quedar adherida al residuo carbonizado de la astilla, una capa fina de ceniza negra ó gris*”.

Los otros códigos que no se corresponden con estos tres materiales de estudio son:

218- quemado de astillas a todo cenizas: color blanco brillante. 219-quemado de astillas a todo ceniza: color amarillo marrón. 220-quemado de astillas a todo ceniza: color distinto de los anteriores. 221- quemado de astillas a parcialmente cenizas.

Muestra 1: *E. grandis* x *E. tereticornis*: Quemado de astilla a carbón (código 217), cubierta de ceniza gris-blanca. No se quiebra. Figura 5.4.7.

Muestra 2: muestras del Testigo *E. grandis* de Semilla (Huerto Semillero de Sudáfrica): Quemado de astilla a carbón, quemó rápido, se quiebra en porciones pequeñas. Cubierta de ceniza gris verdosa.

Muestra 3: *E. grandis* x *E. camaldulensis*: Quemó de astilla a carbón, quemó lento, produjo chispas brillantes, cubierta de cenizas blanco grisácea, no se quiebra. Arde, mantiene la llama.

A continuación se muestran imágenes comparativas en las 3 muestras:



Fig. 5.4.7. Resultado de test de quemado de astillas de *E. grandis* x *E. tereticornis*



Fig. 5.4.8. Resultado de test de quemado de astillas de *E. grandis*



Fig. 5.4.9. Resultado de test de quemado de astillas de *E. grandis x camaldulensis*

5.4.3. Consideraciones - Comparaciones

En cuanto al poder calorífico estos resultados confirman la apreciación que, en términos generales, el poder calorífico superior es similar para todas las maderas, pudiéndose citar como valor medio 4.100 kcal/kg (ERNITZ, A. 1950).

Los valores se encuentran dentro de los usuales para la madera de eucalipto, es de destacar que el duramen “intermedio” en primera instancia muestra valores superiores a la médula. En cuanto a su diferencia puede deberse a que usualmente la médula es de menor densidad, y respecto a la albura, si bien es más cercano podría deberse a los contenidos celulares que tiene el duramen. Este tema podría ser indagado en estudios futuros, pues no hacen al alcance de este primer trabajo.

Comparación con *E. grandis*: En base a un estudio anterior realizado con *E. grandis* con 3 procedencias, a la edad de 17 años, se observa que el Eg x Et tiene valores ligeramente superiores a la media de ese ensayo 4.207 Kcal/kg, tal como muestra la tabla

Tabla 5.4.4. Propiedades energéticas para *E. grandis*:

Determinación	Unidad ⁽¹⁾	Muestra 1 Comercial	Muestra 2 Kendall	Muestra 3 Sudafricana
Poder calorífico superior	J/g	17.794	17.576	17.471
	Kcal/kg	4.250	4.198	4.173

(1) 1 Kcal = 4186,8 J Fuente: INTA - INTI, 2002.

En cuanto al contenido de cenizas los valores encontrados de cenizas en madera resultan del orden de los habituales a los eucaliptos, que son inferiores al 1%. Son de la misma magnitud que los citados por BRITTOJ et al. (1963) para Brasil (0,23 – 0,30 %) y algo menores a los encontrados en *E. grandis* en distintas observaciones en Concordia y el INTI (0,40% a 0,50%) ZACKOWICZ, N (2007), los cuales suelen rondar el 0,5 %.

El bajo contenido de cenizas es un aspecto favorable para el empleo en calderas pues no deja residuos, como así también es tenido en cuenta con un aspecto positivo en el proceso de óxido reducción en la fabricación de las “ferro-gusas” de hierro para fabricar acero en Brasil

Los valores de ceniza en corteza, del 9 %, resultan superiores a los citados para *E. grandis* que suelen estar en el orden de 4 a 5 %. De todas maneras la corteza es incidente, y esto muestra la importancia de dejar la corteza en el monte pues es en este elemento donde se produce la mayor exportación de nutrientes al cosechar los montes GOYA, J., FRANGI, J. (2007)

En lo referido al quemado de astillas esta es una tecnología poco aplicada en el país, pero las clasificaciones descriptivas por apariencia de la astilla calcinada fueron muy utilizadas por DADSWELL para *Eucalyptus* y en los bancos de identificación de maderas de Australia, este dato fue de valor para algunas especies muy afines, por lo que podrían dar buen resultados para la identificación de los híbridos. RIVERA E. (com. pers.2011).

5.4.4. Conclusiones: Características energéticas

- Los valores del poder calorífico del híbrido Eg x Et lo ubican en una situación similar el *Eucalypto grandis*, contando con la ventaja de tener mayor densidad, aunque es menor que su otro progenitor *E. tereticornis*.
- Es notable su bajo porcentaje de cenizas en madera, 0,29 %, lo que se tiene como un aspecto positivo en cuanto a exportación de nutrientes del monte, y por los pocos residuos que deja al ser empleado en calderas. En contrapartida la corteza tiene un alto tenor de cenizas 9 %, lo que indicaría la conveniencia de tratar de dejarla en el monte durante la cosecha.
- Sería interesante seguir indagando en la tecnología de quemado de astillas para un mayor conocimiento relacionado con la anatomía de estos nuevos híbridos.
- Sus valores permiten tenerlo como materia prima apta para los procesos energéticos que actualmente están en funcionamiento en Argentina, por lo que su aprovechamiento con este fin permitiría aprovechar residuos, o subproductos de otros procesos industriales, en particular el aserrado y sus reprocesamientos

Estas características son un elemento más que se suma a la posibilidad de fomentar su inclusión en los planes de fomento de plantaciones del estado y que podría ser parte de programas dendroenergéticos como energía alternativa renovable, en especial en regiones con situaciones edáfico-climáticas desfavorables.

6. Aptitud tecnológica de la madera

En base a los datos resultantes se puede inferir la aptitud de esta madera para distintos empleos del mercado usual del eucalipto en Argentina. Algunos de ellos se han podido reforzar con pruebas exploratorias y otros surgen de considerar la información tecnológica básica, y de consultas a las industrias.

De acuerdo al destino industrial se tienen las siguientes consideraciones:

6.1. Energéticos

Si bien es un mercado emergente, debido a su importancia ya se está estudiando la factibilidad de su empleo en escalas comerciales de mayor envergadura que las actuales, por lo que se requiere la información tecnológica básica.

Los datos obtenidos muestran que su densidad y poder calorífico son superiores a los de *E. grandis*, por lo que podría ser destinado para los mismos mercados, tanto para energía como para siderurgia. Resta investigar su destino para productos más específicos de eucaliptos más densos, como su progenitor *E. tereticornis*, el *E. camaldulensis* o el híbrido *E. urograndis*, como carbón para uso industrial y doméstico.



Fig. 6.1. Eucaliptus grandis para leña de consumo hogareño

6.2. Celulósicos

Los eucaliptos más densos son mejores para las pastas Kraft, lo hallado indicaría que el híbrido puede poseer mejores características de resistencia que el *E. grandis* puro.

El incremento del contenido de lignina se corresponde con una disminución en el de celulosa, que desde un punto de vista papelerero sería de un rendimiento menor para la elaboración de pulpas químicas.

En cuanto al color al ser más intenso requerirá mayores esfuerzos en el blanqueo, lo cual es una característica desfavorable a tener en cuenta en el mejoramiento futuro del híbrido.

En la comparación de *E. grandis* con *E. grandis* x *E. tereticornis* no se observaron diferencias significativas por lo que se puede concluir que en las muestras analizadas la biometría morfológica de la especie pura y del híbrido son semejantes, por lo que puede ser destinado para los mismos destinos

Sus valores son semejantes a los de *E. grandis*, por lo que no tiene mayores inconveniente de ser destinado con este fin, lo cual es muy importante, especialmente teniendo en cuenta que pueden aprovecharse todos los residuos de las industrias de transformación mecánica, y residuos del monte, amén de poder implantarse forestaciones directamente para este fin.

6.3. Tableros de fibra y partículas.

Las fábricas de tableros de fibra en la región prefieren madera de mayor densidad, lo cual es un aspecto importante. En cuanto a tableros del tipo de mediana densidad (MDF) el aumento de coloración va en perjuicio de la demanda, pues el mercado prefiere los paneles claros cuando son “desnudos” sin cobertura, aunque en este sentido ya se tiene asumido que para los claros se empela pino, y cualquier panel de eucalipto va a resultar más oscuro por lo que se destinan para paneles con cobertura, como los melamínicos, o bien aquellos empleados “no a la vista” como el caso de láminas para pisos flotantes trilaminados.

En particular los tableros de alta densidad HDF prefieren eucaliptos de mayor densidad y oscuros, si bien su densidad es menor a los típicos colorados (*E. camaldulensis* y *E. tereticornis*) puede ser destinado a tal fin, con mejor comportamiento que el *E. grandis*.

En cuanto a los paneles de partículas, astillas, o aglomerados, también prefieren madera de más densidad, y pueden llegar a aprovechar hasta el aserrín y madera con corteza de este híbrido. El color no es de tanta importancia, pero si la densidad, en especial con el surgimiento de los nuevos paneles MDP, en Brasil.

En la imagen siguiente se muestran paneles de MDF claros, de pino, y oscuros de eucalipto, como así también paneles aglomerados de *E. grandis*, en Entre Ríos.

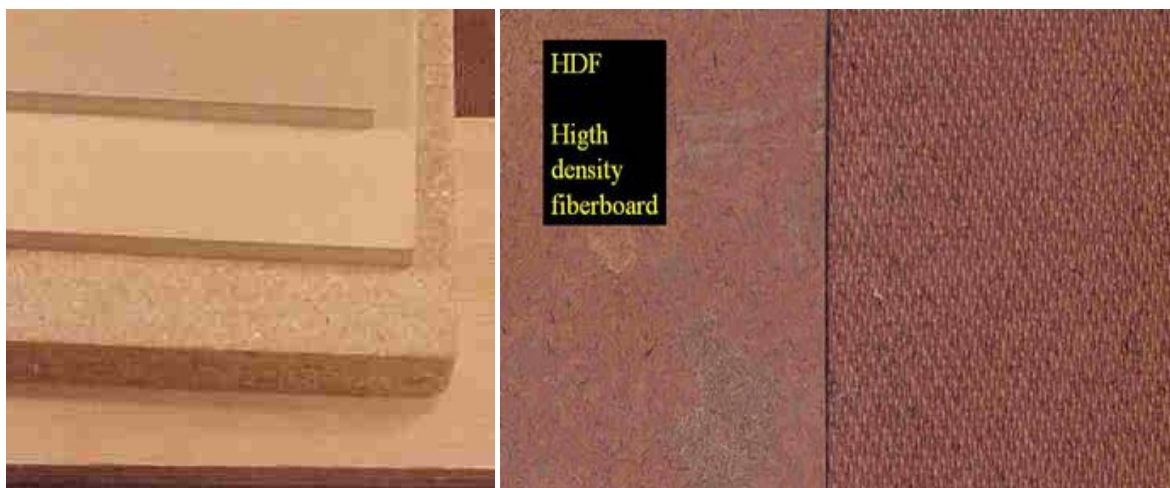


Fig. 6.2. Tableros de fibra MDF y de partículas de eucalipto grandis – tablero de fibra HDF en Argentina.

6.4. Productos sólidos de transformación mecánica

Este es el destino de principal interés en Argentina, debido a que como se comentó, es el principal destino del eucalipto, contando con más de 300 aserraderos, 30 plantas de preservación de postes,

laminadoras de madera, y un sinnúmero de fábricas de envases, pallets, manufacturas, mueblerías y carpinterías que emplean esta madera, principalmente *E. grandis*.

Si bien no se cuenta con abundante madera aserrada debido a la corta edad de las plantaciones y lo escaso de los árboles disponibles, se han tenido algunas actividades exploratorias que dan indicios sobre el comportamiento y aptitud de esta madera para productos sólidos.

Un aspecto importante es su comportamiento con respecto a rajaduras, problema común en los eucaliptos. Mediciones recientes, parte de ensayos no concluidos y no publicados, pero que han sido presentados en un día de campo en el INTA Concordia, muestran que el comportamiento del híbrido con respecto al “índice de rajado” ha sido de mejor comportamiento que el *E. grandis* y otros híbridos (El índice de rajado se mide sobre la cabeza de los rollizos y de discos cortados a intervalos de tiempo ya estipulados mientras se va secando), a continuación se muestran los datos citados, gentileza HARRAND L, LOPEZ, J.(2011).

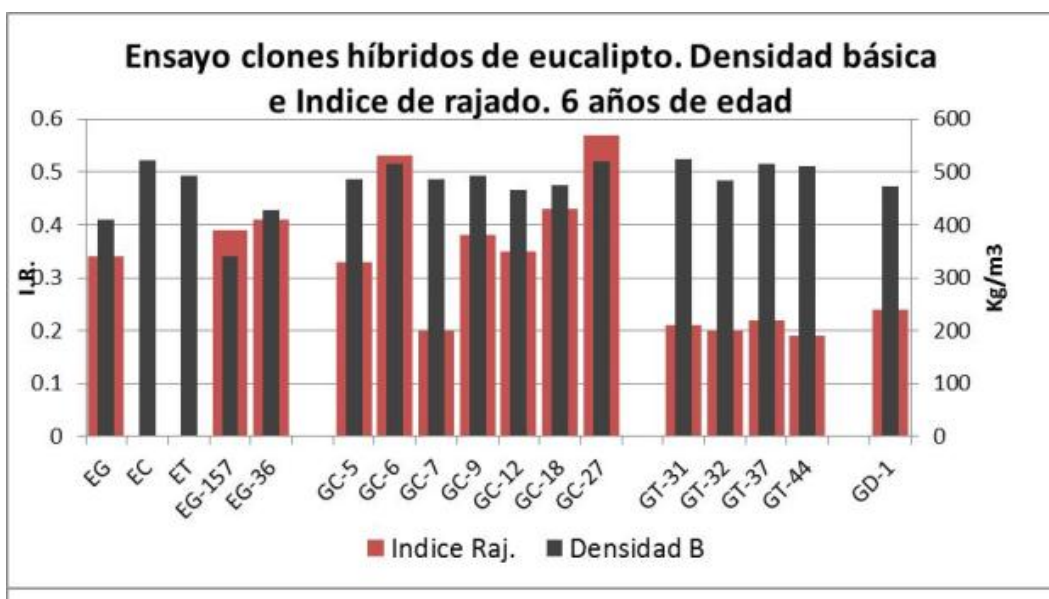


Fig. 6.3. Densidad e índice de rajado en *E. grandis*, *E. camaldulensis* y *E tereticornis*, y los híbridos *E.g. x camaldulensis* y *E.g x tereticornis* LOPEZ,J 2011.

De acuerdo a destinos en particular como madera sólida se pueden dividir a los mismos en

6.4.1. Madera redonda

Se denomina así a los productos que salen directamente del monte con su forma cilíndrica, en casi todos los casos sin corteza, parte de los cuales pueden ir a plantas de preservación para su empleo posterior. Comprende a postes largo de líneas aéreas (7 a 15 m de largo), postes menores de 4,5 m, postes de alambrados, tijeras de techos, puntales, rodrigones (para los viñedos) y tutores menores.

Para postes de líneas eléctricas aéreas desde el punto de vista estructural, su mayor densidad y MOE, como también su menor índice de rajado muestra que tendrá un mejor comportamiento que el *E. grandis*, especie que lidera este mercado, aunque un punto a tener en cuenta es que su menor contenido de albura hace que tenga menos material para preservar, pues el duramen es impenetrable en los eucaliptos, aspecto este que deberá ser estudiado en el futuro.

Para el caso de tijeras y madera sin impregnar, su mayor color, que usualmente se corresponde con mayor contenido de taninos y extractivos, hacen que pueda tener alguna ventaja comparativa, aunque no determinante. Este tipo de madera hoy día es empleada en construcción de techos, entrepisos, cabañas y elementos arquitectónicos, como muestran las imágenes.



Fig. 6.4. *E. grandis*: Cabaña de troncos de INTA Concordia – Comedor para 1200 personas, con 15 m de altura



Fig. 6.5 Estructuras de tijeras de *E. grandis* con diseño arquitectónico en Federación – Entre Ríos.

6.4.2. Aserrado

Dado que el principal destino del eucalipto en Argentina es el aserrado, debemos comentar que en la observación del aserrado de los rollizos remanentes no surgió ningún comportamiento fuera de lo que es tradicional para *E. grandis*. Asimismo los primeros resultados de observaciones del INTA en cuanto a índice de rajado lo muestra como de mejor comportamiento que el *E. grandis*, lo cual se observa cuando se secan los rollizos para los ensayos, donde las rajaduras son normales o menores a las normales.

Con rollizos remanentes de los árboles del estudio físico-mecánico, que tenían 30 cm de diámetro y casi 30 m de altura, se aprovechó para enviar 5 toneladas al aserradero Las Marías, Corrientes, de donde se aserraron, con la misma metodología para *E. grandis*, sin mostrar mayores inconvenientes, pero demostrando una mayor dureza, por lo que seguramente en el futuro se deberá estudiar el perfil del diente más conveniente.

Las tablas resultantes fueron enviadas al aserradero Forestadora Tapebicuá, Corrientes, (especializado en productos de calidad de *E. grandis*) , donde se secaron junto a una partida de *E. grandis*, y se confeccionaron unos pocos tableros enlistonados, sin tener inconvenientes, tanto en el secado como en el encolado. Sobre estos tableros se midió dureza (datos presentados en el capítulo de físico-mecánicos) mostrando su superioridad sobre el *E. grandis* en más de un 30%.



Fig. 6.6. Tablas de árboles jóvenes de Eg x Et y tablero enlistonado de Eg x E t, con pruebas de dureza

Remanufacturas – reprocesamientos: Como industrias de segunda y tercera transformación, o remanufactura, se tienen una serie de productos que a continuación se tratan en forma individual.

6.4.3. Madera estructural: Envases – tarimas – Vigas - vigas laminadas

En este aspecto se espera que sobresalga por su mayor densidad y MOE, lo que en madera sólida debería ser así, mejorando la prestación del *E. grandis* en lo referido a la elaboración de cajones, y pallets y tarimas, importante mercado de la región. Esto también es esperable como madera sólida aserrada en vigas, vigas entramadas, columnas.

En cuanto a las vigas laminadas y productos encolados vale la misma consideración aunque resta que en el tema de vigas laminadas se estudie lo referente al encolado y su comportamiento, aunque en el encolado para tableros de listones no mostró mayores inconvenientes, tal como corresponde a los eucalipto livianos como el *E. grandis*.

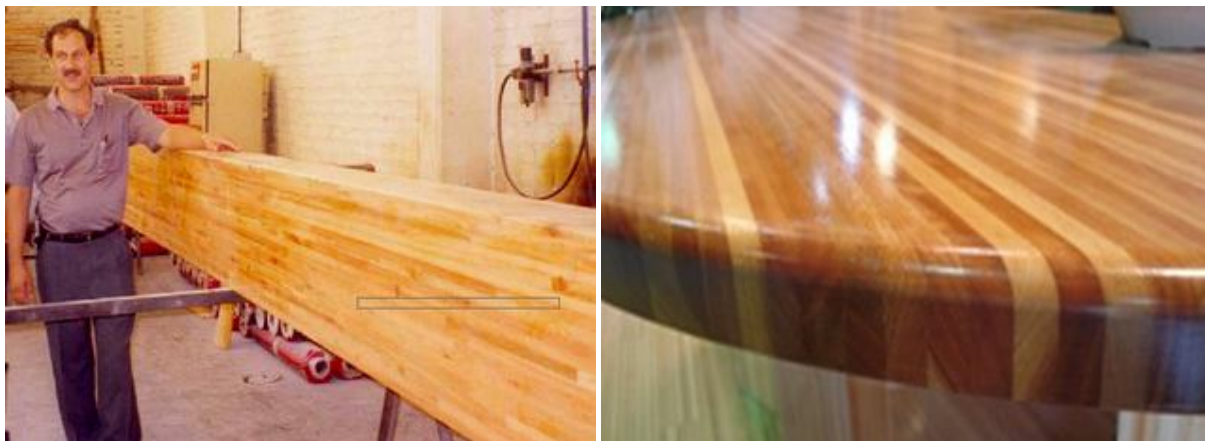


Fig. 6.7. *E. grandis* en productos encolados: Vigas laminadas – paneles enlistonados de *E. grandis*

Un aspecto que puede resultar negativo en algunos destinos es su fuerte diferenciación de albura y duramen, con mayor coloración que el *E. grandis*, aunque bastante menor al *E. tereticornis*, para lo cual hoy día se están empleando técnicas de homogeneización de color mediante el empleo de vapor el cual logra emparejar estas diferencias hasta en profundidad de la madera COCO, J. (2010).



Fig. 6.8. *E grandis*: resistencia de vigas entramadas UTN - homogeneizado de color con vapor

6.4.4. Revestimientos

En este aspecto no se esperan mayores inconvenientes puesto que no hay mayores requerimientos estructurales, sino que se busca su aspecto. Como en el caso anterior se deberá tener en cuenta su mayor coloración. Un caso típico de este destino son los, machihembrados donde el eucalipto tiene cada vez más demanda. Ya se tiene antecedentes en Brasil de comienzo de empleo de madera de híbridos para este fin. A continuación se muestran ejemplos de usos de otros híbridos como el *E. urograndis*, y el *E. grandis*.



Fig. 6.9. Revestimientos con híbrido Urograndis, Brasil – machihembrados de *E. grandis*, Tucumán, Argentina

6.4.5. Pisos, techos y cubiertas

En este punto nuevamente presenta mejores valores básicos que lo clásico para el *E. grandis*. En el caso de la mayor coloración hace que se pueda intentar llegar a resultados que se aproximen al *E. marginata* (Jarrah) especie de muy alto valor para pisos en Australia (más de 3.000 u\$/m³, SHIELD, E com. Pers,2010), para lo cual ayudará mucho la homogeneización, e incluso el termotratamiento si es

que en el futuro se pueda aplicar en eucaliptos, como si también surgen otros tratamientos que favorecerían a este destino, La densificación artificial, la acetilación y la impregnación con polietilenglicol MARTINEZ, R (2007), lo que se sugiere para estudios futuros.



Fig. 6.10. Decks - Pisos de *E. marginata* (Jarrah) en Australia

Para el caso de pisos internos los valores de dureza Janka, superiores a 500 kg, hace que ya se pueda acceder a los mercados para los cuales se emplean maderas semiduras en Argentina, al cual el *E. grandis* no tiene acceso por su menor dureza que la mínima.



Fig. 6.11. *E. grandis* : Pisos flotantes - pisos mosaico y entablonado en INTA Concordia

6.4.6 Muebles

En este rubro se pueden diferenciar 3 tipos de categorías: Muebles rústicos, muebles de jardín, muebles de calidad.

En cuanto a los muebles rústicos no tendría mayores inconvenientes pues son poco exigentes en calidad y su prestación en resistencia es suficiente.

En cuanto a los muebles de jardín vuelve a resaltarse lo citado para madera, y pisos, su mayor densidad y resistencia. En ciertos casos su mayor color puede ser un carácter favorable pues es una de las tendencias en muebles de jardín, aunque por otra parte existe toda una línea de muebles que proceden del sudeste asiático (elaborados con madera de Sudamérica) que procuran el diseño típico y

color de los muebles de Teca nativa (*Tectona grandis*), el cual es un mercado emergente, en especial para madera que tiene sello FSC. MENEZES, L (2009). Com. Pers.



Fig. 6.12. E grandis: Muebles de jardín con diseño del Centro Metropolitano de Diseño CMD de Buenos Aires

En cuanto a muebles de calidad se espera que pueda emplearse en la misma medida que los de E. grandis, parte de los cuales se exportan a EEUU y otros países. Vale citar en este caso la marca comercial LYPTUS de *E. grandis* e híbridos, de Weyerhaeuser en Brasil, la cual se destina para mueblería de Norteamérica.

En este caso el color no es tan incidente pues suelen tener terminaciones que lo homogenizan o modifican, tal como se observa en las imágenes de muebles de la empresa IVOPE, con sello ambiental FSC, que son exportados a mercados exigentes, como los EEUU.



Fig. 6.12. *E. grandis* Muebles de Ivopé Maderas con sello FSC, para exportación a EEUU

6.4.7 Construcciones - Viviendas

En este aspecto el INTA viene haciendo desarrollos para aplicar la madera de *E. grandis* en viviendas con sistemas livianos, como los tradicionales “balloon frame” de Norteamérica. Lo demostrado hasta el presente hace suponer que este híbrido podrá aplicarse en los mismos productos y partes, mejorando todo lo atiente a estructura, con una muy buena cota de resistencia (relación de densidad/resistencia).

El INTA ha venido trabajando con el importante centro de capacitación EMOICQ, de Quebec Canadá, quienes construyeron una casa de dos pisos con *E. grandis* en el predio del INTA.

En este sentido se está trabajando especialmente en viviendas sociales de *E. grandis*, pero de buena prestación y alta durabilidad donde el aspecto de costo/resistencia/ prestación es de fundamental importancia, y se tiene que por sus valores este nuevo híbrido podrá tener un rol importante.



Fig. 6.13 *E. grandis*: armado de paneles – estructura en casa tipo canadiense en INTA Concordia.



Fig. 6.14. *E. grandis*: Casa tipo canadiense en INTA – Casa de tipo social construida por INTA en Concordia

Un aspecto puntual a citar es el caso de Tejuelas de madera de eucalipto, donde actualmente se están probando con éxito tejuelas de *E. grandis* con tratamientos simples de preservación (S04Cu), donde se cuenta con ejemplos de duración de más de 45 años. En este aspecto se espera que el híbrido pueda ser empleado e incluso supere al *E. grandis* por su mayor densidad y su supuesta mayor durabilidad natural por el color. Este empleo se prestaría para probar aplicar el termotratamiento de preservación, común en las coníferas.



Fig. 6.15. Techo de tejas de eucalipto en Concordia – madera de eucalipto termotratada para preservación

6.4.8. Laminado

Unos pocos rollizos se enviaron a la laminadora Henter, Misiones, donde se hicieron unas pruebas sobre “chapa a la plana” de láminas (laminado por corte plano), con espesores de 0,6 mm, obteniéndose láminas razonables aunque con mucha presencia de albura por su relativo pequeño diámetro. Para estos laminados, y los de desenrollo, se deberá esperar a contar con material con edad y diámetro suficiente, dado que en rollizos de poco diámetro y de árboles jóvenes predomina fuertemente la presencia de de madera de tipo juvenil de muy baja prestación, por lo que son estudios que deberán quedar para el futuro.



Fig. 6.16. Lámina (chapa) por corte plano de 0,6 mm de espesor *E. grandis* x *E. tereticornis*

Consideraciones - conclusiones: Aptitud tecnológica

En general puede considerarse que el híbrido Eg x Et tiene aptitud para todos los usos actuales donde se emplea el *E. grandis*, o sea que podría emplear toda la industria instalada para esta especie, tanto para el producto principal como los residuos o subproductos.

Surge como destacable su mayor densidad por lo que tendrá mejor desempeño cuando la densidad es un requerimiento, tal como el caso de los pisos y la madera estructural, y algunos paneles. En contrapartida su mayor coloración hace que vaya en desmedro cuando esto es un inconveniente, como en los empleos donde se blanquean la fibras, el destino celulósico, o en madera sólida que no se desee este mayor contraste entre albura y duramen.

7. Consideraciones - conclusiones generales

Es tal vez en lo concerniente a lo físico mecánico donde puede llegar a destacarse, dado que no sólo posee aptitud para mismos destinos que el *E. grandis* sino que en algunos empleos, en especial cuando se requiera mas densidad y dureza, puede llegar a superarlo, tal es el caso de envases, embalajes, pisos, techos, muebles de jardín, vigas laminadas y entramadas y muy particularmente un mercado que el INTA está tratando de desarrollar como es el de construcciones y viviendas de madera, con sistemas livianos.

Dada su mayor densidad y dureza, y en la medida que se cuente con material adulto será recomendable estudiar las tecnologías más aptas para esta madera en el aserrado, donde seguramente habrá que adecuar el ángulo de ataque y paso de los dientes, y todo lo atinente a su secado posterior

De las consideraciones y conclusiones de cada temática se llega a las siguientes conclusiones generales

- En lo referente a propiedades anatómicas, el híbrido Eg x Et se encuadra dentro de las características normales de los eucaliptos, no existiendo alguna peculiaridad que lo destaque favorable, ni desfavorablemente.

Se abre un panorama interesante en el estudio de elementos que puedan llegar a ser empleados como parámetros para correlacionar su comportamiento a stress hídrico, como así también el estudio de la ultraestructura de la punteaduras puede colaborar en la identificación de los mismos.

- En cuanto a propiedades físico mecánicas, se ubican en forma intermedia entre los correspondientes de sus progenitores *grandis* y *tereticornis*. Cabe destacar un aumento de la densidad y la dureza en un 35 % para un material de tan rápido crecimiento, y el aumento del Módulo de elasticidad, de más del 30% respecto a los progenitores, lo que le abre buenas perspectivas para usos estructurales.
- En la medida que se tengan más plantaciones será conveniente estudiar su comportamiento al aserrado y la adecuación de las tecnologías para el mismo.
- Sus características lo hacen apto para todos los usos sólidos y paneles reconstituidos del mercado actual del eucalipto *grandis*, mejorando las propiedades de dureza y resistencia, aunque con colores más subido de tono lo que puede ser inconveniente o no según el caso.
- En cuanto a su aptitud celulósica no presenta mayores limitantes, puede tener mayor rendimiento en procesos que necesitan de más densidad, o ser menos eficiente cuando esto es una limitante, o por su tonalidad oscura, temas estos que podrán ser abordados por el mejoramiento forestal en el futuro. Los residuos de monte y aserradero pueden ser destinados a las fábricas que actualmente procesan *Eucalyptus grandis*.
- Como material xiloenergético, su poder calorífico y características de mayor densidad lo posicionan mejor que el *Eucalyptus grandis*, aunque con valores menores a los eucaliptos colorados. Esto no sería limitante para su empleo con este destino para diversos procesos, lo que también permitiría enviar residuos con esta finalidad.

-Sintetizando todas las propiedades y apuntando al objetivo de este trabajo, por los valores obtenidos se tiene que esta nueva madera no presenta mayores limitantes, y que sus rasgos

menos favorables pueden ser encarados en el futuro con tecnologías adecuadas y por el mejoramiento genético. Sería conveniente continuar con estudios que traten ya de forma particular los temas en que puede ser optimizada esta madera.

En función de sus propiedades, y su aptitud a los procesos industriales al que hoy día se destina la madera de eucalipto en Argentina, es que se considera que es un híbrido apto para ser considerado en los planes de fomento de las plantaciones forestales del Gobierno, y también en los futuros planes dendroenergéticos.

8. Agradecimientos

En forma general a todos los que han colaborado de un manera u otra para la realización de los ensayos y la elaboración de este trabajo, tanto en Argentina como en España.

En particular a la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo, AECID, por la financiación del doctorado.

Al INIA-CIFOR de Madrid por haberme aceptado para el otorgamiento de la beca para el doctorado.

A los colegas que han participado activamente en los ensayos, Lucia Sparnochia, Stella Rivera, Carlos Núñez, María Cristina Area, Fabio Di Benedetti, Mario Ogara, Juan López, Alexandra Zitto, Eduardo Torrán, y a los colegas y ex colegas del INTA Luis Carpinetti, Nicolás Zackowicz, Martín Marcó, Leonel Harrand, y Ciro Mastrandrea, y todos los ayudantes de INTA que colaboraron en las instalaciones de las plantaciones y colectas de la madera para los ensayos.

Finalmente, a mis tutores y amigos Juan Carlos Piter, Rafael Diez Barra y Luis Acuña Rello, por su continuo apoyo y paciencia.

9. Bibliografía

- AREA; M. C., et al. Estudio comparativo de especies de *Eucalyptus* y su respuesta al pulpado NSSC. Congreso Iberoamericano de Investigación en Celulosa y Papel .CIADICYP. Córdoba, España. 2004. <http://www.riadicyp.org.ar/downloads/ciadi2004/TR032.pdf>
- ARIAS, E et al. Modelo de transporte de energía de madera de alta densidad. II Congreso Iberoamericano de productos Forestales. D.18. Buenos Aires 2007. Disponible en CD ISSN 1851-0973
- ASTM, Book of American Standard Test of Materials- ASTM standards. stand D-143- USA - 1969 Part 16.
- ASTM, Standard Ash in Wood. D 1102 - 84 (Reapproved 1995)
- ATENCIA, M.E., Uniformización de color en madera de Eucalipto, Actas XX Jornadas Forestales de Entre Ríos, Concordia, Entre Ríos, Argentina. 2005, disponible en CD. ISSN 1667-9253
- BAMBER, R.K., et al. A preliminary study of some wood properties of *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden. Jour. Inst. Wood Science, 1963 No. 11, pp 66-70.
- BELVISI D.S., et al. Utilización de nuestras maderas con fines estructurales - análisis y propuesta. XVI Jornadas Argentinas de Ingeniería Estructural de la Asociación de Ingenieros Estructurales, Buenos Aires.1998
- BERTOLANI; F y otros, Manejo de eucalyptus para serraria, a experiencia da Duratex SA. Sem. intern. de util. da madeira para serraria. Sao Paulo. 1995. pp 31-40
- BETIM DE ALMEIDA, Arilso, Ecomad Indústria e Comércio de Madeiras Ltda., Telêmaco Borba, Paraná, Brasil, Experiência propia sobre possibilidades para maderas uniformizadas, Comunicación personal. 2008
- BOLZA, E, et al. Bois d'oeuvres africains, les propriétés, l'utilisation et les caractéristiques divers de 700 essences. France. 1972.
- BÖTHIG, S. Densidad, dureza y color de *Eucalyptus grandis* de Uruguay. LATU-JICA Informe 5. Montevideo 2001 23 p.
- BRAIER, G. Tendencias y perspectivas del sector forestal al año 2020. Argentina. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable SAGPyA-FAO. 2004. 71 p.
- BRAIER, G. Perspectivas del sector forestal en Entre Ríos y Corrientes. Jornadas Forestales de Entre Ríos . 2005 . Disponible en CD . ISSN 1667-9253
- BRITO, J.O., et al. Análise da produção energética e de carvão vegetal de espécies de Eucalipto. IPEF, Piracicaba. Brasil. 1983. (23): 53-56
- , Usos energéticos del *Eucalyptus grandis*. Actas IX Jornadas Forestales de Entre Ríos, Concordia. 1994. pp. II1 – III, ISSN- 1668-8279
- , et al. Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção do carvão: I Densidade e teor de lignina da madeira de Eucalipto. IPEF (4): 9-20, Piracicaba. 1977.

- BRIZUELA, A. Resultados preliminares de la evaluación 2004 de la implantación de eucaliptos y pinos en los Departamentos este de Entre Ríos. Paraná. 2005.
- CAIXETA, R. P, et al. Propriedades e classificação da madeira aplicada a seleção de genótipos de *Eucalyptus*. Revista *Árvore*, v. 27, Belo Horizonte, 2003.p. 43-51.
- CALOGERO, D. ZAKOWICZ, N. Rendimiento en aserradero de madera rolliza de *Eucalyptus grandis*, en función del diámetro medio. Concordia 1996. 37 p
- CALONEGO, F. W.; DURGANTE SEVERO; E. T. Y ASSI, P. P.. Mensuração do comprimento das fibras para a determinação da madeira juvenil em *Eucalyptus citriodora*. *Scientia Forestalis*. n. 68, Piracicaba , 2005, p.113-121
- CARRASCO E. V., Uso da madeira de eucalipto em projetos construtivos.II Congreso Iberoamericano de productos Forestales. B 20. Buenos Aires 2007. Disponible en CD ISSN 1851 -0973
- COCO, J; RIVERA, S.; SPARNOCHIA, L. Estudio de Características Anatómicas de la Madera de *Eucalyptus maculata* y *E. grandis* x *E. tereticornis*, cultivados en Concordia, Entre Ríos.2006. Disponible en CD ISSN 1851 -0973
- CRUZ, C. R.; LIMA, J. T.; MUNIZ, G. I. B. Variações dentro das árvores e entre clones das propriedades físicas e mecânicas da madeira de híbridos de *Eucalyptus*. *Scientia Forestalis*, v. 64, n. 1, Piracicaba, 2003. p. 33-47.
- DADSWELL, H. E.; BURNELL, M. & ECKERSLEY A. M. Methods for the identification of the light-colored woods of the genus *Eucalyptus*. Technical Paper Nº 12. Melbourne. 1934.
- DADSWELL, H. E. The anatomy of eucalipt woods.CSIRO. Division Applied Chemistry Technical Paper Nº 66. Melbourne. 1972.
- DA COSTA, E.M. A madeira do eucalipto na industria moveleira. Actas IV Semader. Curitiba, Brasil, 1996, pp 75 -80
- DA SILVA OLIVEIRA, T. Problemas e oportunidades com a utilização da madeira de eucalipto. Técnica de abate process e utilização. da madeira de eucalipto, Viçosa, 1999 pp39-53.
- DALLA TEA, F. El cultivo del eucalipto en la Mesopotamia Argentina. Actas Simposio Los eucaliptos en el desarrollo forestal de Chile. Pucón, Chile. 1993.
- DANTONI, J. Utilización integral de la madera de eucalipto. Actas II Jornadas Forestales de Entre Ríos. INTA, Concordia, Entre Ríos. Concordia. 1986 . cap.III., ISSN- 1668-8279
- DE ASSIS, T. F. Aspectos do melhoramento de eucalyptus para obtenção de produtos solidos da madeira Tec.de abate process e util. da madeira de eucalipto, Viçosa 1999 pp 61-72
- DE LA LAMA G., Atlas del Eucalipto. 5 v. Sevilla. España. 1976. Tomo I
- DÍAZ, D, Los eucaliptos y el desarrollo regional. Informe para la AFOA (Informe Interno no publicado INTA Concordia). Concordia, 2009.
- DONNELLY, R,; FLYNN, R. ; SHIELD, E. The global *Eucalyptus* wood products industry. A progress report on achieving higher value utilization. Christchurch, 2003. 40 p

- DU PLOIY, A. B. J. The relationship between wood and pulp properties of *E. grandis* (Hill ex-Maiden) grow in South Africa. *APITTA* 33, (4). 1980.
- EN 338 - Bauholz für tragende Zwecke – Festigkeitsklassen. Deutsches Institut für Normung e. V., Beuth Verlag, Berlin.2010.
- EN 384 Bauholz für tragende Zwecke – Bestimmung charakteristischer Werte für mechanische Eigenschaften und Rohdichte. Deutsches Institut für Normung e. V., Beuth Verlag, Berlin.2010
- EN 1995-1-1 Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau. Deutsches Institut für Normung e. V., Beuth Verlag, Berlin. 2005
- FAO. Situación de los bosques del mundo2011. Roma. 2011. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/013/i2000s/i2000s03.pdf>.
- FAO. Sistema de información sobre la dendroenergía (WEIS). 2002 Disponible en www.fao.org/forestry/FOP/FOPH/ENERGY/databa-e.stm
- FAO. Bibliografía anotada sobre los efectos ambientales, sociales y económicos de los eucaliptos 1985-1994 por Christel Palmberg-Lerche 2002 Disponible en <http://www.fao.org/docrep/005/y4016s/y4016s00.HTM>
- FAO. El Eucalipto en la repoblación forestal. 2nd. ed.. Roma. Italia. 1981. 723 p
- FAO. Wood energy situation and trends, M.A. Trossero, L.A. Horta Nogueira y T.J. Etherington. Contribución al Consejo Mundial de Energía. Roma. 1998.
- FORNES, L et al. Caracterización integral de árboles selectos de *Eucalyptus* de uso industrial en la zona pedemontana de Tucumán, Argentina. II Congreso Iberoamericano de productos Forestales. A 25.Buenos Aires 2007. Disponible en www.ced.org.ar ISSN 1851 -0973
- FUENTES, C: Industrias productoras de madera aglomerada. Actas IX Jornadas Forestales de Entre Ríos, Concordia, Entre Ríos, 1994, Disponible en CD . ISSN 1667-9253. pp IV1..IV4.
- GARCIA, J.N. Técnicas de desdoble de eucalipto. Sem. int. de util. da mad. para serraria. São Paulo. Brasil. 1995. pp 59-67
- FLYNN, R, SHIELD, E, *Eucalyptus* progress in higher value utilization, a global review. USA. 1999
- GARIBOTTI, E. Uso de la madera de plantaciones para generación de energía . Actas XXI Jornadas Forestales de Entre Ríos. Concordia 2006 – Disponible en CD. ISSN 1667-9253
- GLOS, P. Solid timber – Strength classes. In Timber Engineering STEP 1, pp. A7/1-A7/8. Centrum Hout, The Netherlands.1995
- GOMES, D. F. F.et al Avaliação da estabilidade dimensional da madeira acetilada de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden.Scientia Forestalis (IPEF), v. 70, Piracicaba. 2006. p. 125-130.
- GOYA , J. et al. Biomasa, productividad y contenido de nutrientes en plantaciones de *Eucalyptus grandis* en el NE de la provincia de Entre Ríos. Concordia. 1997

- GOYA, J. et al. Ciclo de nutrientes en plantaciones de *Eucalyptus grandis* de distintas edades en la provincia de Entre Ríos. En XVI actas Jornadas forestales de Entre Ríos Concordia. Disponible en CD . ISSN 1667-9253. 2002
- HANS, A.S. Wood density of open-pollinated families of *Eucalyptus grandis* (HILL) Maiden and *tereticornis*. S.M. Res. Paper. Tree Improv. Res. Centre Nat. Com. For. Scient.. Zambia. 1974. Res. No. 1- 9 p.
- HANS, A. S.. Artificial *Eucalyptus grandis* x *E. tereticornis* hybrids: survival, growth and wood density studies. East African Agriculture and Forestry Journal 38: 1974 321-324.
- HARRAND, L. La utilización de híbridos interespecíficos como alternativa forestal. IDIA XXI Forestales: Buenos Aires. 2005. 171-174
- HARRAND, L. y SCHENONE, R.. Obtención de individuos híbridos de *Eucalyptus* a través de la realización de cruzamientos controlados. Actas XVII Jornadas Forestales de Entre Ríos. Concordia 2002. 10 p. En CD. ISSN 1667-9253.
- HENN, L. El Laminado de la madera de eucaliptos. En: IX Jornadas Forestales de ER. INTA, Concordia, Entre Ríos. 1994. pp II.1 - II.11, ISSN- 1668-8279
- HILLS, W.E. et al, *Eucalyptus* for wood production. C.S.I.R.O. Melbourne. Australia, 1978, 434 p
- IGARTÚA, D. MONTEOLIVA, S. y NÚÑEZ,C. Densidad básica, Longitud de Fibras y Composición Química de la Madera de *Eucalyptus globulus* en el Sudeste de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. CIADICYP Córdoba España. 2004.
<http://www.riadicyp.org.ar/downloads/ciadi2002/Materia/TR023.pdf>
- INTA CONCORDIA, Carpeta de información forestal, Concordia 1997. Disponible en www.inta.gov.ar/concordia
- IPCC -GRUPO DE TRABAJO DEL G-8 SOBRE ENERGÍA RENOVABLE.. Renewable energy: development that lasts. Informe del Presidente. 2001 Disponible en Internet: www.e-gazette.it/strument/G8-1.pdf
- INTA - SAGYP. Manual para productores de eucalipto de la Mesopotamia Argentina. INTA. Buenos Aires. 1995, 162 p, ISBN 950-9853-55-0
- IRAM. Instituto Argentino de Normalización y certificación, Norma 9532, Método de determinación de la humedad, Buenos Aires 1963.
- , Norma 9546 - Método de ensayo de flexión dinámica. Buenos Aires, 1965.
- , Norma 9543 - Método de determinación de las contracciones. Buenos Aires, 1966
- , Norma 9570 - Método de ensayo de la dureza JANKA. Buenos Aires, 1971.
- , Norma 9544 - Método de determinación de la densidad aparente. Buenos Aires, 1973
- IAWA Committee. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. IAWA Bulletin 10:219-332. 1989

- JANSEN, S., et al. Vascular Pits: A Diagnostic Character In The Secondary Xylem Of Myrtales. *Journal of Tropical Forest Science*, 20 (4): 328 2008
- KINGSTON, R.S., et al. Shrinkage and density of Australian and other South-West Pacific woods. CSIRO Tech. Pap. 13 D.F.P. Melbourne - Australia, 1961.
- KIRILUK R. Comercialización de la madera de eucalipto en Paraguay, experiencia de Pomera Paraguay. Actas XXV Jornadas Forestales de Entre Ríos, Concordia, 2011, Disponible en CD. ISSN 1667-9253.
- LABATE, P. Clasificación de la madera de especies forestales indígenas y exóticas cultivadas de acuerdo con sus propiedades físico-mecánicas. IFONA. Folleto Técnico Forestal No. 36, Buenos Aires, 1975. 19 p
- LARROCCA, F. et al eucalipto para usos sólidos de alta calidad: evaluación de defectos y diámetro del cilindro nudoso en función de la edad de poda de *Eucalyptus grandis*. II Congreso Iberoamericano de productos Forestales. B 30. Buenos Aires 2007 . Disponible en CD ISSN 1851 -0973.
- LATU GT2 Grupo Técnico de la madera aserrada de eucalipto. Propiedades mecánicas de *Eucalyptus grandis* Maiden. del norte de Uruguay. Informe 5. Montevideo 2005. 48 p.
- Estudios de las propiedades físico mecánicas de *Eucalyptus grandis* en Uruguay. Serie de Folletos técnicos. Montevideo. Uruguay.2003
- LAZZARO M, Análisis de las opciones de aprovechamiento energético de la biomasa forestal residual. II Congreso Iberoamericano de productos Forestales. D.19. Buenos Aires 2007. Disponible en CD ISSN 1851 -0973
- LIMA, J.T. Silva, J.R.M.; Vieira, R.S. 2008. Aproveitamento de resíduos gerados no processamento da madeira de eucalipto. In: Oliveira, J.T.S.; Fiedler, N.C.; Nogueira, M. Tecnologias Aplicadas ao Setor Madeireiro III. Jerônimo Monteiro, ES, I Simcatem, III, Chapter 10, p. 255-290.
- ; BREESE, M.C.; CAHALAN, C. M., Genotype-environment interaction in wood basic density of *Eucalyptus* clones. *Wood Science and Technology*, v. 34, n. 3, New York, 2000, .p. 197-206.
- , Clonal variation in the solid wood properties of *Eucalyptus*. UK., 1999. 276 p. (PhS Thesis) - University of Wales, Bangor.
- , BREESE, M. C.; CAHALAN, C. M. 1999. Variation in compression strength parallel to the grain in *Eucalyptus* clones. In: *Proceedings Of The Fourth International Conference On The Development Of Wood Science, Wood Technology And Forestry*, High Wycombe, Inglaterra, p. 502-510.
- LOPEZ, J.A.(h) et al. Propiedades físicas, mecánicas y organolépticas de 10 clones de *Eucalyptus grandis* de 1ª generación del programa de mejoramiento del INTA. INTA Bella Vista 2009.24 p.
- , GENES, M. MARCÓ y J. OBERSCHHELP, J. Propiedades de la Madera del Híbrido de *Eucalyptus grandis x Eucalyptus tereticornis* en el Centro y Norte de la Provincia de Entre Ríos, Argentina. I

- Congreso Iberoamericano de productos Forestales. A 44. Buenos Aires, 2007. Disponible en CD ISSN 1851 -0973
- ; STAFFIER, G. M. Variación radial de la densidad de la madera de *Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus dunnii* a los 21 años de edad. 1 EEA INTA Bella Vista. Corrientes. 2002.
- ; APARICIO, J.L. y ELIES, G. Susceptibilidad al rajado y métodos de control de rajaduras de madera rolliza de *Eucalyptus grandis*. II Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Posadas, 1997.
- , Densidad básica de la madera de *Eucalyptus grandis* de la procedencia de HSSF en 3 sitios edáficos de Concordia. 26 Congreso ATIPCA Buenos Aires 1990. pp 39-46
- LUENGO, M. Industrialización de eucalipto y pino en Chile. IV Semader .Curitiba, 1996, pp 59
- LUENGO, M, I, Experiencia Chilena en el aserrío de eucalipto y pino. IV Simposio Florestal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995. pp 48-62
- MADDERN HARRIS, J. Mejoramiento genético para elevar la calidad de la madera. FAO, Unasyuva. 24 (2-3), Roma. 1970. No. 97-98, p. 32.
- MALAN, F., Variation, association and inheritance of juvenile wood properties of *Eucalyptus grandis*, with especial reference to the effect of rate of growth. SAFJ,. Pretoria. South Africa. 1991. n 146 pp 38-43
- , *Eucalyptus* improvement for lumber production. . Sem. internacional de utilização da madeira para serraria. Sao Paulo. 1995. pp 1-19.
- ; Genetic variation in some growth properties among 18 full-sib families of South African grown *Eucalyptus grandis* a preliminary investigation SAFJ n 146 Pretoria. South Africa. 1988. pp 38-43
- : The wood properties and qualities of three South African-grown Eucalypts Híbridos. South African Forestry Journal. N° 167: Pretoria. 1993- 35-44.
- MARCO, M. A. y HARRAND. L. 2005. Valor potencial de los eucaliptos colorados en combinaciones híbridas. I Jornada sobre potencialidad foresto-industrial del eucalipto en Santiago del Estero. Actas en CD. 10 p.
- ; LOPEZ, J, 1993. Estrategia de mejoramiento de *Eucalyptus grandis* y *E. dunnii* en la Mesopotamia argentina. Congreso Forestal Argentino Latinoamericano. Com IV 5 p. Paraná.
- ; 1986. Tolerancia a heladas en orígenes y procedencias de *Eucalyptus grandis*. Información Forestal EEA INTA Concordia. ISSN0326-5005. 5 p.
- MARTINEZ, R. Mejora de la estabilidad dimensional de la madera de quebracho blanco *Aspidosperma quebracho blanco*. con tanino y poletilenglicol. UNSE 10 p.2007.
- MASTRANDREA, C.; VERGARA L.. Relevamiento de Industrias Forestales Departamentos Federación, Concordia y Colón. Documento interno INTA Concordia. 2009

- MASTRANDREA, C. SÁNCHEZ ACOSTA, M. "Información básica sobre Biomasa Forestal para energía en Entre Ríos y Corrientes" Informe interno INTA Concordia. . 2008
- MELGOSA, M; PEREZ, M. M.; YEBRA, A. HUERTAS, R. y E. HITTA. Algunas reflexiones y recientes recomendaciones internacionales sobre evaluación de diferencias de color. Óptica Pura y Aplicada. Vol. 34 .Argentina. 2001.: 1-10
- MENDONZA, L, A, El eucalipto en la Argentina y el mundo. Actas II Jorn Ftales ER., INTA, Concordia, 1987, P1.1 - 1.10, ISSN- 1668-8279
- MENEZES DA COSTA, E. A madeira do eucalipto na industria moveleira. IV Semader, Curitiba. Brasil. 1996. pp-75-90
- MESTRES, J. SÁNCHEZ ACOSTA M. 2002 "Relevamiento de Industrias Forestales primarias y plantaciones en Entre Ríos". XVII Jornadas Forestales de Entre Ríos. Concordia 2002 Disponible en CD. ISSN 1667-9253
- MAGyP Argentina. Serie de Precios de productos forestales – Documento interno no publicado 2011
- MGAYP Uruguay.: Usos de la madera de eucalipto en el Uruguay. mercado interno y exportación. Actas IX Jornadas Forestales de Entre Ríos, Concordia, Entre Ríos, 1994 , Disponible en CD . ISSN 1667-9253
- MORA, A.L., et al. . Bases para o melhoramento genetico da densidade basica da madeira de *Eucalyptus grandis* (HILL) ex Maiden. IPEF, Bol. Inf. V. 6 No. 19 , Piracicaba.1978. p. 53-61
- MORI, C. L. S. O.; et al .Influência das características tecnológicas na cor da madeira de eucaliptos. Ciência Florestal, v. 14, n. 2, Santa Maria RS 2004 p. 123-132
- NAHUZ, M et all, Inovações na area de utilização da madeira de eucalipto, panorama 1999. Vicosa. Tec. Abate porecess. E util. da madeira de eucalipto, Viçosa 1999. Pp 28-34.
- NAHUZ, M. Experiencia en Brasil en productos sólidos de eucaliptos. XX Jornadas Forestales de Entre Ríos, Concordia, Entre Ríos, Concordia 2004, Disponible en CD. ISSN 1667-9253
- NOVEDADES FORESTALES INTA CONCORDIA. Boletines electrónicos del 2010, 2011. INTA Concordia. www.inta.gov.ar . ISSN 1666-54.
- NUÑEZ, C. E. Morphological study of fibers of four hybrid trees *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus tereticornis* implanted in Concordia, Entre Rios, Argentina. Trabajo no editado aún, presentado para congreso de Celulosa 2012 en San Pablo, Brasil.
- Morfología Fibrosa de la Madera del *Eucalyptus grandis* Implantado en la Mesopotamia Argentina. I. Atributos biométricos. Rev. cienc. tec. 9 (9) 2007 38 – 43.
- Morfología Fibrosa de la Madera del *Eucalyptus grandis* Implantado en la Mesopotamia Argentina. II Análisis de los tipos morfológicos de fibras en relación a las propiedades papeleras. Rev. cienc. tec. 11(11) 2009.pp 26 - 32 .

- Morfología Fibrosa de la Madera del *Eucalyptus grandis* Implantado en la Mesopotamia Argentina. IV. - En relación a la madera juvenil. CIADICYP 2008. Guadalajara, 2008 <http://www.riadicyp.org.ar/downloads/ciadi2008/materias%20primas05.pdf>
- Sánchez Acosta, M.; Marcó, M.. Composición Química, Blancura y Color de la Madera del Híbrido *Eucalyptus grandis* x *E. tereticornis* y del *Eucalyptus maculata* (ex *Corymbia maculata*), Implantados en Concordia, Argentina. XXII Jornadas Forestales de Entre Ríos. Concordia, 2007. <http://www.inta.gov.ar/concordia/info/Forestales/contenido/pdf/2007/posters07/339.20.NUÑEZ.pdf>
- Morfología fibrosa de la madera de *Eucalyptus grandis* implantado en la Mesopotamia Argentina. III.- Proporción de poblaciones morfológicas fibrosas de interés papelerero. Proceedings CIADICYP Congreso Iberoamericano de Investigación en Celulosa y Papel. Santiago - Valdivia, Chile. 2006
- Morfología fibrosa de la madera de *Eucalyptus grandis* implantado en la Mesopotamia Argentina. 1. Atributos biométricos. Proceedings CIADICYP Congreso Iberoamericano de Investigación en Celulosa y Papel. 2004 Córdoba, España.
- PAVLIK, C. A.. Disgregado de Tejidos Leñosos por el Método Clorito - Ácido Acético - Carbonato. Evaluación del Daño Producido a las Fibras. Rev. Cienc. Tecnol. Año 2 / Nº 2 / 1999.
- ELY R,Y PASCUTTI, R. Medición de Densidades de Madera de *Eucalyptus* utilizada para pasta, provenientes de Misiones y Norte de Corrientes II. Valores, Variabilidad y Tipos. ATIP-CA (Asociación de Técnicos de la Industria del Papel y la Celulosa de la Argentina). 28 (3) 29 - 34 (1989).
- OBERSCHHELP, J MARCO M, SANCHEZ ACOSTA, M, MATRANDREA, C., Propiedades de la Madera de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, *E. dunnii* Maiden y *E. saligna* Sm. Relacionadas a Usos Sólidos de Alto Valor .II Congreso Iberoamericano de productos Forestales. A 46. Buenos Aires 2007 . Disponible en [CD](#)ISSN 1851 -0973
- OGARA M. La Biomasa forestal como fuente de energía. Sistemas y Posibilidades Actas XX Jornadas Forestales de Entre Ríos, Concordia, 1987, Disponible en CD . ISSN 1667-9253
- OLIVEIRA VIANA, L, 1996. Experiencias do SENAI-CTMAN com o eucalipto. IV Semader, pp-119-130. Curitiba. Brasil
- ORTIZ TORRES, L, La biomasa como fuente de energía renovable 254 p. Gamesal-Torrecedeira Vigo 2006 ISBN 84-95046-15-6
- PADILHA, C.; Avaliação da qualidade da madeira de *Eucalyptus urophylla* para utilização em pisos. Scientia Forestalis (IPEF), v. 71, Piracicaba.2006.p. 141-147
- PEREZ DEL CASTILLO, A. Propiedades Mecánicas y calidad de madera de *Eucalyptus grandis* del norte de Uruguay. LATU – JICA Informe 4. Montevideo 2001. 35 p.
- PIRES, I,E et al. Estado de arte do melhoramento genético para qualidade da madeira de eucalipto: uma revisao. IUFRO Conf. Silv. Impr. of Eucalypts..Salvador. Brasil, 1997, pp 186-191.

- POGGINAI, F., Ciclagem de nutrientes e manutenção da produtividade da floresta plantada Gasificação de madeira e carvão vegetal SPT Fundação Centro tecnológico de Minas Gerais, Belo Horizonte 1981 pp 27-33
- PONCE, R.H. Madeira serrada de eucalipto: desafios e perspectivas. . Seminario internacional de util. da madeira para serraria. Sao Paulo. 1995. pp 50-58
- PONCE, R.H. Novas tecnologías de desdoble e beneficiamento de madeira a busca da competitividade. I Cong. ftal. panamericano., Curitiba, 1993, vol. 3 pp 310-314
- RAMOS DE FREITAS, A. Os avancos tecnologicos no processamento e uso de produtos florestais. Produção de mader serrada de eucalipto. I Congr. Panamericano, Curitiba, Brasil, 1993. vol. 3 pp 293-295.
- RAUTE, G.; BUNSE, G. C. y J. L., PAUL. Crecimiento a los 2 años de clones de *Eucalyptus spp.* en suelos arenosos del norte de Corrientes. 3^{er} Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. 6 al 9 de Septiembre de 2005. Corrientes. Argentina. ISSN 1669-6786. Actas en CD
- REPETTI, R. Situación y aptitud celulósica del Eucalipto en Argentina. Actas II Jorn. Ftale. de ER.. INTA Concordia, Entre Ríos, 1987, pp 5.1 -5.11, ISSN- 1668-8279
- REUTER, H. Madera de eucalipto para celulosa, mercado interno y externo. Actas IX Jornadas Forestales de Entre Ríos, Concordia, 1994 , Disponible en CD . ISSN 1667-9253
- REZENDE, M.A. et al. Densidade anual da madeira de *Eucalyptus grandis*. Rev IPEF (30): Piracicaba. Brasil, 1985, pp 37-41
- RIEGELHAUPT, E. Madera para energía. Actas II Jornadas Forestales de ER, INTA. Concordia, Entre Ríos, 1987. pp. 3.1 -3.9, ISSN- 1668-8279.
- RIEGELHAUPT, E. Uso de combustibles vegetales en una industria aceitera. Boletín Dendroenergía FAO-INTI, año 5 n 9. Buenos Aires .1990, pp 4-6 ISSN 0326-7229.
- RODRÍGUEZ D, Pellets de mader: una alternativa para los residuos y subproductos foresto industriales. Actas XXI Jornadas Forestales de Entre Ríos, Concordia,2006 , Disponible en CD . ISSN 1667-9253
- SAGPYA GLADE, J. – CETRÁNGOLO, G. Proyección de la oferta y demanda de mader rolliza en l nordeste de Entre Ríos y sudeste de Corrientes 2001 a 2020. Informe int.
- SANCHEZ ACOSTA, M, YELÍN, N, GARNIER, R, Casa canadiense de mader de eucalipto, de interés social, en Concordia. .2011. Actas XXV Jornadas Forestales de Entre Ríos, Concordia, Disponible en CD . ISSN 1667-9253
- , El eucalipto en el desarrollo regional y su posibilidad dendroenergética. Simposio de dendroenergía Inst. Tecnológico Costa Rica. San José. 2011. Presentación p.p.
- , Proyecto Forestal Regional Entre Ríos. Caracterización de Especies Alternativas de Eucaliptos. Informe: Resumen Ejecutivo. (2006).
<http://www.inta.gov.ar/concordia/info/documentos/Forestacion/2006->

propiedades%20de%20madera%20de%20Eucalyptus%20maculata,%20
cloeziana%20y%20pyrocarpa.pdf. Concordia 2010.

- , Consideraciones a la metodología aplicada en la caracterización de la madera de *Eucalyptus grandis* en Argentina, Trabajo de maestría. Universidad de Valladolid - Palencia, 2010.
- , Wood technologies and uses of eucalyptus wood from fast grown, plantations for solid Products. Proceedings of the 51st International Convention of Society of Wood Science and Technology, Concepción, CHILE, , 2008, Paper WS-45 1 of 12
- et al. Propiedades físico-mecánicas de la madera del híbrido *Eucalyptus grandis* x *E. tereticornis*, en Entre ríos - argentina. II Congreso Iberoamericano de productos Forestales. a 63. Buenos Aires 2007 . Disponible en [CD](#) ISSN 1851 -0973
- , MARCÓ, M.; PITER J,C; SOSSA ZITTO;M VILLALBA D. Physical and mechanical properties of *Eucalyptus grandis* x *E. tereticornis* hybrid grown in Argentina. World meeting Commission V IUFRO Abstract 186. Taipei.2007
- , YELIN, N. Proyecto de construcción de vivienda de madera de eucalipto con tecnología canadiense – INTA - SOCODEVI - EMOICQ - ACDI. Actas XX Jornadas Forestales de Entre Ríos, Concordia, 2007, Disponible en CD . ISSN 1667-9253
- , Wood technologies and utilization of eucalyptus in Argentina. Eucalyptus Symposium, Zanyiang. China. 2006. Presentation pp.
- , et al. Physical and mechanical properties of wood from commercially planted *Eucalyptus grandis* in Argentina of the following genetic provenance: Kendall (Australia), a seed orchard in South Africa, and local seed from Concordia. IUFRO World Congress - Brisbane. . 2005
- , Posibilidades del aprovechamiento energético de la madera de eucalipto *grandis*. : Informe interno INTA para empresa de Suecia, no publicado. 2005
- , et al. Empleo de troncos de eucalipto para construcción de cabañas. Actas XVIII Jornadas Forestales de Entre Ríos, Concordia, 2005, Disponible en CD . ISSN 1667-9253
- , y SEPLIARSKY, F. Tecnología de la madera de Eucaliptos Colorados . Propiedades – usos – posibilidades- Jornadas Forestales de Santiago del Estero. Argentina .2005
- , y REMBADO G, Impact of fast grow Eucalypts afforestation, in Entre Ríos, Argentina. In IUFRO World Congress. Melbourne Australia. 2005
- , Variación tecnológica y aptitud de la madera de distintos orígenes y procedencias de *Eucalyptus grandis*, utilizados comercialmente en Argentina. Proyecto regional de desarrollo. Informe interno. Concordia. 2004
- , Estado actual de la tecnología de la madera de eucalipto. XIV Actas XIV Jornadas Forestales de Entre Ríos, Concordia, 1999, Disponible en CD. ISSN 1667-9253
- , DIAZ, D. TESON, N. Evaluación de forestaciones e industrias de eucalipto y pino en Entre Ríos-Sur de Corrientes y Mesopotamia. Inf. Interno 2001. 51 p.

- , M. Evaluación del mercado potencial de la madera sólida de pino y eucalipto en Argentina. Inf. Interno INTA- consultoría. 1999. 45 p.
- , Tecnología para usos de la madera de eucalipto en Argentina. IV Semader, Curitiba. Brasil. 1996, pp-29-52.
- , Experiencia argentina en la utilización del eucalipto. Seminário int. Utilização da madeira de eucalipto para serraria. São Paulo, Brasil, 1995. pp 74-91
- , Eficiencia y calidad en aserrado de madera de eucalipto, 1995. IV Simposio Flor. Do Rio Grande do S, Porto Alegre, Brasil ,1995. pp 67-86
- , Caracterización y utilización de la madera de *E. grandis*. En: V Jorn. Ftales. de ER. INTA, Concordia, Entre Ríos. 1990. cap III., ISSN- 1668-8279
- , Características de la madera de *E. grandis* de Concordia, Entre Ríos. Carpeta Información Forestal. INTA-EEA, Concordia, 1989, J.7. ISSN 0326 -4998
- , Situación forestal del este de Entre Ríos, posibilidades dendroenergéticas a 1985. Jornadas dendroenergía. INTI, Buenos Aires. 1987.
- SCERBO, H. Empleo de Madera de eucalipto y pino en la arquitectura. Actas XIX Jornadas Forestales de Entre Ríos, Concordia, 2004 , Disponible en CD . ISSN 1667-9253
- SENAI -CETMAM – NAT. Processamento mecanico do eucalipto - secagem - usinagem - acabamento de superficie. Apuntes do Curso. Paraná. 2000 50 p.
- SHIELD, E. Plantation on grown eucalyptus. Utilization for lumber and rotary veneers. Primary conversion. Report. sem. int. de utilização da madeira de eucalipto para serraria. São Paulo, Brasil. 1995.
- SHIELD, E.; RODERIK, H. Perspectivas para la transformación con alto valor de las plantaciones de *Eucalyptus* en Uruguay. Montevideo. Uruguay. 1995, 205 p.
- SISTEMA DE BIBLIOTECAS DUOCUC., Manual para redactar citas bibliográficas Según norma ISO 690 y 690-2- Santiago , España 2005 pdf 38 p.
- SPARNOCHIA, L, RIVERA, S. Estudio Xilológico Preliminar de los híbridos *E. grandis* W. Hill ex Maid. x *E. camaldulensis* Dehnh, *E. grandis* W. Hill ex Maid. x *E. tereticornis* Sm. y del testigo *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid. cultivado en Concepción del Uruguay, Entre Ríos . Póster en Actas XXV Jornadas Forestales de Entre Ríos, Concordia, 2011, Disponible en CD. ISSN 1667-9253
- SPARNOCHIA L, ET AT. Propiedades de la madera del híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus tereticornis* en el centro y norte de la provincia de Entre Ríos. Argentina Buenos Aires 2007
- SPARNOCHIA, L COCO, J. RIVERA,S, SÁNCHEZ ACOSTA, M Estudio de las características anatómicas de la madera DE *Eucalyptus maculata* y del Híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus tereticornis*, cultivados en concordia, entre ríos. II Congreso Iberoamericano de productos Forestales. a32. Buenos Aires 2007. Disponible en CD ISSN 1851 -0973.

- SPELTZ, G E, Experiencias Senai/Cetman/Klabin e prefeitura de telemaco no ensino e utilização da madeira de eucalipto. Tec. Abate process. E util. Da madeira de eucalipto, Viçosa pp39-53.
- SUCATTE, S. et al. 1979. Preparación y evaluación de pastas Kaft y al Sulfito neutro semiquímico de distintas especies de eucaliptos. INTI-CICELPA. Publ. No. 27, Buenos Aires.
- TAYLOR, F.W. Variation in the anatomical properties of South African grown *Eucalyptus grandis*. APPITA 27. South Africa, 1973. (3): 171-178.
- TAYLOR, F. W. Differences in the wood of *Eucalyptus grandis* grown in different parts of South Africa. South African Forestry Journal. Pretoria. South Africa, 1974. No. 91 Dec.
- TESÓN, N. et al - Evaluación de cambios en el balance hídrico, a escala de ecosistema, por plantación de *Eucalyptus grandis* en Concordia, Entre Ríos. Actas XVIII Jornadas Forestales de Entre Ríos, Concordia, 2003, Disponible en CD. ISSN 1667-9253
- TINTO, J.C. Utilización de los recursos forestales argentinos, IFONA foll. tec. n 41. . Buenos Aires .1979. 97 pp.
- , Tipificación de la madera de Entre Ríos, soluciones a los defectos. I Jorn Ftale del mes de ER, Concordia 1986. pp 5.1 - 5.13. Disponible en CD . ISSN 1667-9253
- . Aporte del sector forestal a la construcción de viviendas de madera. Foll. Téc. In 44 IFONA, Buenos Aires, 1978.
- . Características y aserrado de rollizos de *Eucalyptus grandis*. Actas VII Jorn. Ftale de ER,.INTA, Concordia, Entre Ríos, 1991, pp. 27-50, ISSN- 1668-8279
- TOMAZELLO, M.F. Variação radial da densidade basica e da estrutura anatomica da madeira do *Eucalyptus saligna* e *E. grandis*. IPEF, Piracicaba. Brasil, 1985, (n 29)
- TROSSERO, M. A. , FAO - Dendroenergía: perspectivas de futuro . www.fao.org
- TRUGILHO P.F. et al B 28. QUALIDADE DA MADEIRA DE CLONES DE *Eucalyptus* VISANDO A PRODUÇÃO DE POLPA CELULÓSICA. II Congreso Iberoamericano de productos Forestales. D.18. Buenos Aires 2007. Disponible en [CD]ISSN 1851 -0973
- TRUGILHO, P. F., et al. Qualidade da madeira e do carvão vegetal em *Eucalyptus** III Congreso Iberoamericano de Productos Forestales. IBEROMADERA 20 Buenos Aires. 2007
- TRUGILHO,P,F et al. Influencia da idade nas características físicas, químicas e anatómicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. IUFRO Conf.Silv. Impr. Euc..Salvador. Brasil, 1997, pp 269-275
- VAN WYK, G. Genetic improvement of timber yield and wood quality in *Eucalyptus grandis* (Hill), Pretoria, 1990.
- VAN WYK, G. SCHÖNAU, A. P.G. SCHÖN,P. 1989. Growth potential and adaptability of young eucalypts hybrids in South Africa. Proceedings of a Conference on: Breeding Tropical Trees: Population Structure and Genetic Improvement Strategies in Clonal and Seedling Forestry. Pattaya, Thailand: 325-333

- VENKATESH, C. S., AND V. K. SHARMA.. Comparison of a *Eucalyptus tereticornis* x *E. grandis* controlled hybrid with a *E. grandis* x *E. tereticornis* putative natural hybrid. *Silvae Genetica* 28(4): 1979. Pp 127-131.
- VERA L, M. BIASIZO, R,J. Los agronegocios en el complejo forestal del nordeste de Entre Ríos (fines de los 50 a la actualidad). VI Jornadas interdisciplinarias de estudios agrarios y agroindustriales. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Económicas. Buenos Aires 2009.
- VILLEGAS, M. S. Y S. M. RIVERA. Revisión xilológica de las principales especies del género *Eucalyptus* L'Herit. cultivadas en Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* 105 . La Plata 2002.
- VILLIERS, A.M. The relations between age, species and certain wood properties of the *Eucalyptus grandis/saligna* complex. *Bosb. Suid. Africa*, 1968 (9), 11-44.
- WALDRIGUES, O, M F. Desdobro de madeira-Alternativas tecnológicas. IV Simposio Flor. Do Rio Grande do S, Porto Alegre, Brasil, , 1995, pp 87-108
- WENDNAGEL N. Proyecto de generación de energía con biomasa. II Jornadas Forestales de Santiago del Estero 2008.
- WILKES, J. Variation in the wood anatomy within sp of *Eucalyptus*. *IAWA Bulletin* 9 (1): 1988 13-23.

Comunicaciones personales:

- COCO, Juan. Misiones, 2011. Información sobre colorimetría juanignaciococo@yahoo.com.ar
- COFRU – Reunión Concordia Forestal Río Uruguay – Diciembre 2011- Datos productivos y ambientales.
- GARRAN Sergio. 2011 EEA INTA Concordia – información agro climática smgarran@correo.inta.gov.ar
- HERMOSO, E. 2003 Tesis doctoral – España. hermoso@inia.es
- LÓPEZ Juan. 2011. Datos crecimiento y rajado de EgxEt . En día de campo Jornadas Forestales ER. No publicados. jlopez@correo.inta.gov.ar
- MARCO, M, Concordia 2011. Mejoramiento de los híbridos de eucalipto mmarco@correo.inta.gov.ar
- MENEZES, Leonel. 2009 Porto Alegre Brasil. fmleonel@terra.com.br
- SERRANO, Olman. FAO Roma. Información internacional. Olman.serrano@fao.org
- SHIELD, E. 2010. Precios de productos en Australia. gringo@concordia.com.ar
- WENDNAGEL N. 2010. Datos sobre generación de energía a partir de madera wendnagel@arnet.com.ar
- TESON, Natalia. 2011. INTA Concordia- datos ciclo del agua- tesis de posgrado no publicada aún. nteson@correo.inta.gov.ar