

Rev. Cienc. Tecnol.

Año 13 / N° 15 / 2011 / 25–29

## Morfología fibrosa de la madera del *eucalyptus grandis* implantado en la mesopotamia argentina. 4 - En relación a la madera juvenil

### Fiber morphology of *eucalyptus grandis* wood implanted in the argentinean mesopotamia. 4 - In relation to juvenile wood

Carlos Eduardo Núñez

#### Resumen

Como parte de un proyecto de estudio de la morfología fibrosa de la madera del *Eucalyptus grandis*, se trató de reunir información sobre la primera madera llamada comúnmente 'madera juvenil'. Se realizaron mediciones en sentido radial para tratar de definir hasta que edad se producen las modificaciones anuales en las propiedades. Se trabajó con densidad y con longitud de fibra con árboles de veinte años de edad. En las densidades se halló que luego de un descenso, llamado 'madera infantil' hay un aumento permanentemente hasta la zona cambial. Las longitudes de fibra aumentaron de manera continua hasta aproximadamente el décimo cuarto anillo, para mantenerse después casi constantes. No se halló en las longitudes ninguna huella de la 'madera infantil'. Desde el punto de vista de las densidades se concluyó que hasta los 20 años la madera es juvenil, y desde el punto de vista de las longitudes hasta aproximadamente los 14.

Palabras clave: *Eucalyptus grandis*, madera juvenil, madera madura, morfología de fibras, parámetros biométricos, microscopía, Argentina.

#### Abstract

The aim of this work was to determine the variation of the properties of wood in the first years of growth of *Eucalyptus grandis* trunks. Radii were measured in an attempt to identify the age until which modifications are produced. For this purpose, we analyzed the fiber density and length of 20-year-old *Eucalyptus grandis* trees. As regards fiber density, it was found that it decreased in the first years and then increased steadily up to the cambial zone. The low-density area between the third and eighth year was called "infantile wood". Fiber length increased continuously, until approximately the fourteenth ring, and then remained almost constant. No defined trace of "infantile wood" for fiber density was found. The conclusion is that wood is young until 20 years of age and that from the point of view of fiber length, wood is young until 14 years of age.

Key words: *Eucalyptus grandis*, juvenile wood, mature wood, wood structure, fiber structure, fiber dimensions, microscopy, Argentina. (Thesaurus IPST 1990)

#### Introducción

Este trabajo forma parte de una serie realizada en el marco de un proyecto de estudio de la morfología fibrosa de la madera de 130.000 hectáreas de plantaciones de *Eucalyptus grandis* de la Mesopotamia Argentina. Trata de reunir información dispersa elaborada en actividades anteriores sumados a datos experimentales obtenidos ex profeso, con respecto a la madera de los primeros años de crecimiento de los árboles de la especie antedicha, que normalmente y de forma un tanto difusa se denomina 'madera juvenil'.

En primera instancia se analizaron las definiciones que de esta característica hay en los trabajos publicados, y se eligió una muy frecuente que es la que dice que 'la madera

juvenil es aquella parte del árbol en que las propiedades de la madera se modifican de año en año'. Ello implica que necesariamente hay otra parte del tronco en la que las propiedades son constantes y a esta parte se le denomina 'madera madura' o 'madera adulta'. Esta forma de definir es muy notoria en las coníferas pero no tanto en las latifoliadas. Eso quiere decir que en las primeras la transición es bastante marcada en casi todas las variables que se suelen medir, mientras que en las otras puede no ocurrir lo mismo.

Son abundantes los trabajos en los que se habla de que en las coníferas es de quince a veinte años el período de formación de la madera juvenil, lo que indicaría que toda la madera de fibra larga con fines papeleros que se usa en nuestra región sería de esta característica, dado que el primer raleo de los pinos que va prácticamente todo a las fábricas de pulpa, se efectúa a los siete años, e

inclusive el segundo que se deriva parcialmente y según las circunstancias hacia este sector se realiza a los catorce. En las maderas de latifoliadas la zona de cambio es más paulatina, pero también oscila entre los 10 y 20 años (1) (2) (3). Con respecto al *Eucalyptus*, a excepción de rodales de *E. globulus* o de *E. viminalis* plantados para otros fines que son árboles longevos, todo el que se usa para pulpa no pasa de dos a diez años (4).

Dada la poca información hallada del *Eucalyptus grandis* en el sentido radial, casi exclusivamente para uso como madera sólida, (5) (6), se decidió realizar mediciones para ver hasta que edad se produce el cambio de propiedades de la madera. Se encontró una dificultad resuelta sólo parcialmente y es la dificultad que se tuvo en encontrar individuos de la suficiente edad, es decir de quince años o más, por lo que se pudo trabajar solamente con dos troncos de veinte años. Esto necesariamente va a hacer que sean parciales los resultados obtenidos.

Las variables que más se utilizan para determinar la cantidad de madera juvenil son el módulo de elasticidad, el módulo de ruptura, la densidad y los parámetros fibrosos, es decir longitud y ancho de fibra más el espesor de pared. En este caso se trabajó solamente con la densidad y la longitud de fibra, y no se midieron los módulos de las propiedades mecánicas.

## Materiales y métodos

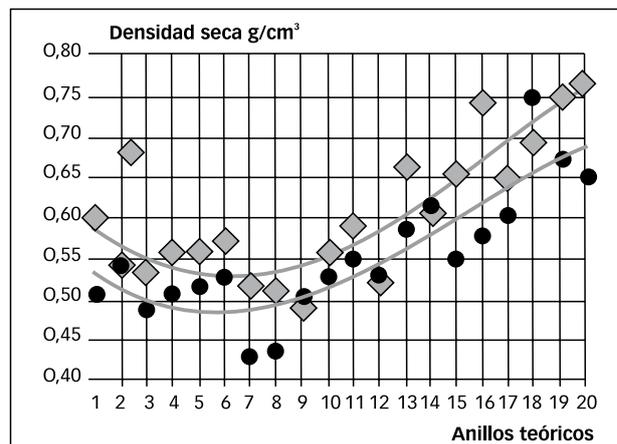
Se trabajó con dos árboles de 20 años de edad provenientes de la zona de Ituzaingó, Provincia de Corrientes, utilizando sendas trozas de 43 y 47 cm de diámetro, de árboles sembrados en 1984 y apeados en 2004, que fueron plantados a 1333 plantas por hectáreas iniciales, teniendo en el momento del apeo 400. De ellos se extrajeron rodajas de altura de pecho de aproximadamente un centímetro y medio de espesor, y posteriormente se sacaron sectores circulares con un ángulo de aproximadamente 35°.

En estos sectores se determinaron una serie de anillos teóricos, dado que los anillos anuales no están definidos en esta especie. Dichos anillos teóricos fueron establecidos a partir del promedio de porcentuales de diámetros de varios troncos de latifoliadas y coníferas implantadas en Misiones hacia la misma época con anillos definidos. De ellos se sacó un patrón promedio para cada año. Dicho patrón no pretende definir con certeza los crecimientos anuales, sino solamente acercarse al de crecimiento promedio de los árboles, en vez de utilizar una escala lineal o tomando puntos aleatorios.

De los sectores circulares se extrajeron con gubia y formón las secciones individuales de los anillos teóricos y se pusieron a saturar sumergidos en agua hasta peso constante. Una vez saturados, operación que llevó unos 40 días, se extrajo de cada uno un fragmento para el análisis de fibra y se pesaron para continuar realizando la determinación

de densidad que se hizo por el método de Smith (7) que se halla aplicado a estas condiciones en un trabajo del autor (8). Un fragmento de cada uno, previamente extraído, se continuó fraccionando para el análisis de fibras quedando reducidos a prismas de aproximadamente 4 a 8 mm de ancho, por la longitud correspondiente al espesor de la rodaja.

Figura N° 1  
Densidad seca en función de los anillos teóricos.  
Círculos negros árbol N° 1 y rombos grises árbol N° 2



Para el disgregado se utilizó una técnica desarrollada previamente que trabaja con clorito de sodio, ácido acético y posteriormente carbonato de sodio, que a diferencia de los métodos convencionales como el de Franklin, deja los elementos celulares prácticamente sin daño y con la pared primaria completa (9). El material disgregado se lavó y se colocó en una vaso de cuatro litros, del que sacó con agitación la fracción para los preparados de microscopía. Esta parte de la preparación se hizo siguiendo en general las técnicas de Spearing y Isenberg (10).

Las mediciones de longitud de fibras se realizaron de forma manual en un equipo analizador de imágenes a partir de preparados de las muestras disgregadas y previamente teñidas, secadas in vitro y montadas con resina sintética. Se midieron alrededor de doscientas fibras por anillo teórico y en general en las últimas diez mediciones dos lecturas sucesivas del promedio acumulado no variaron en más de una micra. En total se evaluaron unas cuatro mil fibras individuales.

## Resultados y discusión

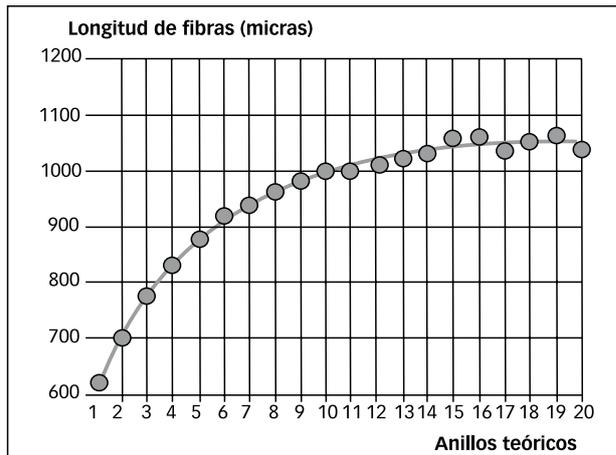
Densidad: Los resultados de las determinaciones de densidad anillo por anillo teórico se muestran en la Figura N° 1. Se puede ver como después de un descenso no muy marcado hasta el anillo N° 5 o 6 la tendencia es ascendente hasta llegar a la zona del meristema cambial. Esta curva es de la misma forma que la aceptada para maderas de coníferas del Hemisferio Norte (11) y también se ha descrito para algunas latifoliadas como el *E. globulus* (12)

y Aliso Rojo de Oregón (*Alnus rubra*) (13). En cuanto al ascenso continuo también fue el hallado por Skolmen en *Eucalyptus robusta* (14). Coincidentemente, en un trabajo publicado mientras se efectuaba este informe, Arango y Tamayo hallaron curvas de idéntica forma para *Eucalyptus grandis* por densitometría de rayos X (15).

El descenso inicial de la densidad es coincidente con la observación de la madera de esa zona y se percibe notoriamente cuando se efectúa el desmenuzado con formón por la menor resistencia al cizallamiento y el corte nudoso de los fragmentos a diferencia de los anillos posteriores más cercanos al cambium. La madera aparece de un color rosado más claro y con un grano aparentemente más grueso, y ello se ha observado en prácticamente todas las muestras analizadas en trabajos anteriores. El fenómeno de estos anillos de baja densidad, que continuando con las figuras prosopopéyicas se podría llamar ‘madera infantil’, pasa desapercibido en las regiones donde los troncos se cortan con muchos años de edad, inclusive los utilizados para fibra que pueden llegar a los quince o veinte años. Pero en nuestro caso posiblemente debiera ser tenido en cuenta puesto que, particularmente en el *E. grandis*, los rollizos se cortan a los pocos años de plantados. Analizando el gráfico de la figura N° 1, se puede estimar, al margen de la gran dispersión de valores, que la madera infantil estaría conformada por los años teóricos 3 a 8, es decir que aceptando esto, prácticamente toda nuestra madera papelera de *E. grandis* no es juvenil, sino infantil. Los valores involucrados de densidad seca, 0,45 a 0,55 corresponden a 0,39 a 0,46 de densidad básica (16). La explicación de la disminución de la densidad no resulta clara por el momento, porque se podría pensar más fácilmente en un aumento continuo de la densidad desde la médula hasta el cambium. Fisiológicamente, quizás la madera de la plántula requiera mayor densidad de madera. En dos estudios previos de esta misma serie (17) (18). se midieron los anchos de fibra, espesores de pared y las proporciones de tipos morfológicos en los primeros siete años de dos individuos de la especie y no se halla en ellos alguna variación que corrobore la baja densidad, particularmente en lo que se refiere a los espesores de pared que se mantienen constantes.

**Longitud de fibra:** Con respecto a otros parámetros se ha medido la longitud de fibra anillo por anillo, dado que esta variable es importante para las propiedades de la hoja, particularmente con su relación con el coeficiente de fieltabilidad, es decir la relación entre longitud y ancho de las fibras. En la Figura N° 2 se muestra el gráfico de los resultados obtenidos en el árbol N° 1.

Figura N°2. Longitud de fibra en función de los anillos teóricos para el árbol N° 1.



Se puede observar en él que, como sucede en la mayoría de las especies, la longitud de fibra tiene un aumento marcado a medida que el árbol va creciendo. Ello se podría explicar suponiendo que con el aumento de la altura requiere proporcionalmente más fibras de sostén, es decir fibrotraqueidas, que son las que aportan mayor longitud, hecho fue observado en un trabajo anterior (17).

Es de interés para el tema de la madera juvenil el hecho de que a partir de año decimoquinto este parámetro se mantiene constante, puesto que ello significa que por lo menos desde el punto de vista de la longitud de fibras, este anillo da comienzo a la madera madura. Es decir que por lo menos para este individuo estudiado de *E. grandis* la madera juvenil llega hasta aproximadamente los catorce años, siendo los subsiguientes de madera madura. Con respecto a la llamada ‘madera infantil’ en el caso de las densidades, no se observa aquí ninguna característica que la haga visible. Como se sabe la densidad está principalmente condicionada por el espesor de pared de fibra en primer lugar y por la superficie utilizada por los poros en segundo, pero este tipo de mediciones no formaron parte del objetivo de este trabajo, aunque es posible que se analicen posteriormente.

Figura N° 3. Anillo teórico N° 1

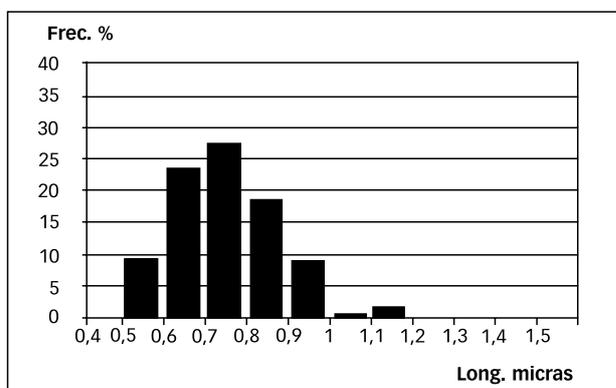
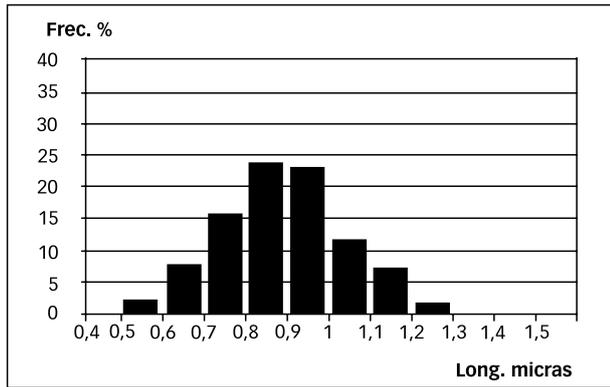


Figura N° 4. Anillo teórico N° 3



Considerando las poblaciones anillo por anillo teórico se realizaron las distribuciones de frecuencias de las longitudes de fibra pero no se pudo hallar ningún patrón definido comparando los parámetros cuantitativos de las distribuciones, a excepción del rango del que se hablará después. Es posible que el hecho se deba a los pocos valores medidos, alrededor de 200, que si bien son suficientes para el análisis cuantitativo, posiblemente no lo sean si se consideran poblaciones estadísticas. Dada la extensión limitada de este trabajo no se van a detallar las veinte distribuciones, pero a continuación se agregan algunos ejemplos de las mismas en las figuras 3 a 6.

Figura N° 5. Anillo teórico N° 8

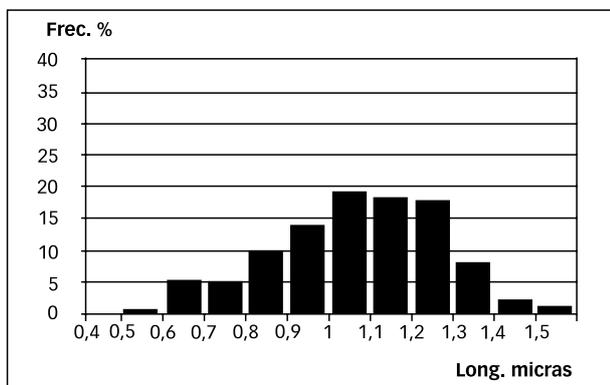
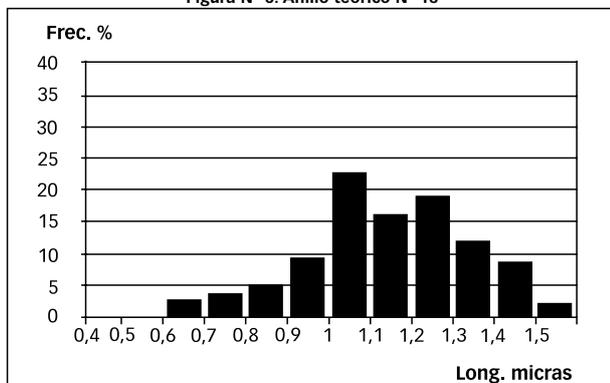


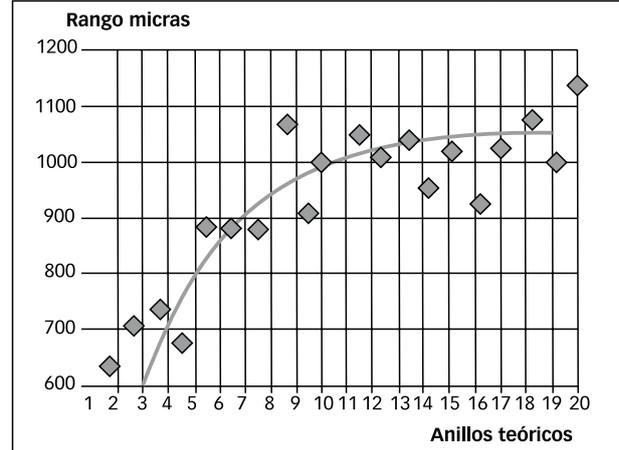
Figura N° 6. Anillo teórico N° 18



Con respecto al rango se observó una tendencia a aumentar con la edad de la madera, como se puede ver en la figura N° 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 12 o 14, es decir en concordancia con la curva de densidades, y similar a la estimación por las longitudes de fibra.

Figura N° 7. Rango de las distribuciones de frecuencia de longitudes de fibra.



## Conclusiones

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 hasta el cambium en el anillo teórico N° 20. Se notó que el descenso de los primeros años coincidió con un sector de características distintivas al que se denominó 'madera infantil', sin que se pudieran distinguir en ella diferencias morfológicas.

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 madura la que 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 los anillos 13 o 14.

## Referencias bibliográficas

1. Evans II, J. W.; Senft, J. F. y Green, D. W.. *Solid wood products juvenile wood effect in red alder: analysis of physical and mechanical data to delineate juvenile and mature wood zones*. Green Forest Products Journal. 50: No.

- 7/8. 2000.
2. **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. 68: p.113 -121. agosto 2005.
  3. **Fukasawa, K.** *Juvenile wood of hardwoods judged by density variation*. IAWA Bulletin. 5: (1). 1984.
  4. **Martín Sánchez Acosta.** *INTA Concordia*, enero 2008. Comunicación personal.
  5. **Arango, B. y Tamayo, L.** *Densidad de la madera en clones de Eucalyptus por densitometría de rayos X*. Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia, Colombia. 45: p. 87-99. Septiembre, 2008.
  6. **López, J. A. y 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.
  7. **Smith, D. M.** *Maximun moisture content method for determining specific gravity of small wood samples*. Forest Products Laboratory. Forest Service. Wisconsin, USA. 1954.
  8. **Núñez, C. E.** *Relaciones de Conversión entre Densidad Básica y Densidad Seca de Madera*. Rev. Cienc. Tecnol. 9 / N° 9 / p. 44-50. 2007
  9. **Núñez, C. E. y Pavlik, C. A.** *Disgregado de Tejidos Leñosos por el Método Clorito - Ácido Acético - Carbonato*. Evaluación del Daño Producido a las Fibras. Rev. Cienc. Tecnol. 2 / N° 2 / . 1999.
  10. **(10) Spearing, W. E.; Isenberg, I. H.**, Science 105 (2721): 214. 1947.
  11. **BC Ministry of Forests - Research Branch - Forest Productivity Section.** <http://www.for.gov.bc.ca/hre/> mayo 2008. USA.,
  12. **Saavedra Fuenzalida, C. M.** *Determinación de peso específico y de algunas propiedades biometricas en Eucalyptus globulus (Labill) como materia prima pulpable*. Facultad de Ciencias Forestales; Escuela de Ciencias Forestales Universidad de Chile. Santiago - Chile. 2004. <http://captura.uchile.cl/dspace/items-by-author?author=Saavedra+Fuenzalida%2C+Cristi%C3%A1n>. Marzo de 2009.
  13. **Evans J. W.; Senft; J. F. y Green, D.** *Juvenile wood effect in red alder: Analysis of physical and mechanical data to delineate juvenile and mature wood zones*. Forest Products Journal. 50: 7/8. July/August 2000.
  14. **Skolmen, R. G.** *Specific gravity variation in robusta eucalyptus grown in Hawaii*. USDA Forest Service Research. Forest Service U. S. Department of Agriculture. Berkeley, California. Paper PSW-78 / 1972.
  15. **Arango; B. y Tamayo, L.** *Densidad de la madera en clones de Eucalyptus por densitometría de rayos X*. Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia, Colombia. 45: p. 87-99. Septiembre, 2008
  16. **(16) Núñez, C. E.** *Relaciones de conversión entre densidad básica y densidad seca de madera*. Rev. Cienc. Tecnol. 9 / N° 9 / p.44-50. 2007.
  17. **(17) Núñez, C. E.** *Morfología fibrosa de la madera de Eucalyptus grandis implantado en la Mesopotamia Argentina*. 1. Atributos biométricos. Proceedings CIA-DICYP Congreso Iberoamericano de Investigación en Celulosa y Papel. 2004 Córdoba, España. También Rev. Cienc. Tecnol. 9 (9). p.38-43. 2007.
  18. **(18) Núñez, C. E.** *Morfología fibrosa de la madera de Eucalyptus grandis implantado en la Mesopotamia Argentina*. 3.- Proporción de poblaciones morfológicas fibrosas de interés papelerero. Proceedings CIADICYP Congreso Iberoamericano de Investigación en Celulosa y Papel. Santiago - Valdivia, Chile. Noviembre de 2006.
- Recibido: 04/06/10  
Aprobado: 16/03/11
- **Carlos Eduardo Núñez<sup>1</sup>**  
Docente investigador del PROCYP, Programa de Investigación de Celulosa y Papel de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales de la UNaM.  
Técnico Químico del Instituto Politécnico Rosario de la FCE-FYN de la Universidad Nacional de Rosario. Trabajó en varias empresas nacionales y en 1973 ingresó en Celulosa Argentina Fca. Puerto Piray, iniciando su formación en el área papelerera. En 1978 ingresó en la FCEQYN en lo que sería después el PROCYP. Su área de trabajo es la madera y los pulpados químicos. Director de Proyectos de investigación. Ha realizado unos cuarenta trabajos de investigación y formado cerca de veinte estudiantes a término y profesionales. Docente en la Tecnicatura, la Orientación y la Maestría, todas del área de Celulosa y Papel. Tiene realizados unos treinta y cinco textos de docencia.
1. PROCYP, Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Misiones. Félix de Azara 1552 (3300) Posadas, Provincia de Misiones, Argentina. Teléfono y Fax 52 03752 422198. [c\\_e\\_nunez@fceqyn.unam.edu.ar](mailto:c_e_nunez@fceqyn.unam.edu.ar).