



FACULTAD DE
AGRONOMIA
UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA

APTITUD PAPELERA EN
Eucalyptus globulus Labill. *ssp. globulus*,
Eucalyptus globulus Labill. *ssp. maidenii* (F. Muell.)
Kirkpatric. *Eucalyptus globulus ssp. bicostata*
(Maiden, Blakely et Simmons) Kirk.

por

Diego CARRAU ALGORTA
Mariana ORIBE PRIGUE

T E S I S

2000

MONTEVIDEO

URUGUAY



UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

APTITUD PAPELERA EN *Eucalyptus globulus* Labill. ssp. *globulus*,
Eucalyptus globulus Labill. ssp. *maidenii* (F.Muell.) Kirkpatrick.
Eucalyptus globulus ssp. *bicostata* (Maiden, Blakely et Simmons) Kirk.

por

FACULTAD DE AGRONOMIA



DEPARTAMENTO DE
DOCUMENTACION Y
BIBLIOTECA

Diego CARRAU ALGORTA
Mariana ORIBE PRIGUE

TESIS presentada como uno
de los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo
(Orientación Forestal)

MONTEVIDEO
URUGUAY
2000

Tesis aprobada por:

Director: Luis Soria ~~Manuel Antonio~~

Nombre completo y firma

Carlos Mantero ~~Carla Jantua~~

Nombre completo y firma

Rafael Escudero ~~MS~~

Nombre completo y firma

Fecha: _____

Autor: MARIANA ORIBE - ~~Manuel Antonio~~

Nombre completo y firma

DIEGO CARRAN - ~~Diego Carran~~

Nombre completo y firma

AGRADECIMIENTOS

- Al Dr. Ing. Luis Soria, director de nuestra tesis por el asesoramiento brindado en la realización del presente trabajo.
- Al Departamento Forestal, y en especial al Ing. Agr. Carlos Mantero por la orientación y la ayuda brindada.
- Al personal encargado del laboratorio de PAMER S.A; especialmente al Ing. Químico Luis Alvarez.
- Al Sr. Wilfredo Ibañez, del Departamento de Estadística de la Facultad de Agronomía por su cooperación en la interpretación de los resultados obtenidos.
- Al INIA (Tacuarembó) y al Ing. Agr. Fernando Ríosquin por habernos suministrado el material para realizar la tesis.
- Al personal de la Unidad de Microscopia y Audiovisuales de la Facultad de Agronomía.
- A familiares y amigos, que de alguna manera se sienten partícipes y responsables de la realización de este trabajo

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PAGINA DE APROBACION.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	III
I. <u>INTRODUCCION</u>	1
II. <u>REVISION BIBLIOGRAFICA</u>	2
A. <u>PULPEO KRAFT</u>	2
1. <u>Visión general de la metodología del pulpeo</u>	2
2. <u>Características Pastas <i>Eucalyptus</i></u>	3
3. <u>Estudios realizados</u>	4
III. <u>MATERIALES Y METODOS</u>	23
A. <u>DESCRIPCION DEL ENSAYO DE ORIGENES</u>	23
B. <u>DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA UTILIZADA</u>	24
1. <u>Obtención de las trozas de madera</u>	25
2. <u>Determinación del porcentaje de corteza</u>	25
3. <u>Determinación de la densidad de la madera</u>	25
4. <u>Obtención de chips</u>	26
5. <u>Elaboración de las pastas</u>	26
6. <u>Tratamientos adicionales en las pastas</u>	28
7. <u>Preparación de la pasta para la fabricación del papel</u>	29
a. <u>Refinado</u>	29
b. <u>Drenabilidad de la pasta</u>	29
8. <u>Consumo de NaOH</u>	30
9. <u>Cálculo del Índice Kappa</u>	31
10. <u>Formación del papel</u>	32
11. <u>Ensayos físicos en papel</u>	33
a. <u>Resistencia al estallido</u>	33
b. <u>Índice de estallido</u>	33
c. <u>Resistencia a la tracción</u>	34
d. <u>Elongación</u>	35
e. <u>Resistencia al rasgado</u>	35
f. <u>Índice de rasgado</u>	35
IV. <u>RESULTADOS Y DISCUSION</u>	36
A. <u>PRESENTACION DE LOS RESULTADOS</u>	
<u>OBTENIDOS</u>	36
1. <u>Porcentaje de Corteza</u>	36
2. <u>Rendimiento bruto en pasta</u>	36

3. <u>Indice Kappa y Consumo de reactivos</u>	38
4. <u>Propiedades fisico-mecánicas en el papel</u>	39
a. <u>Indice de Rasgado</u>	40
b. <u>Indice de Estallido</u>	42
c. <u>Largo de Ruptura</u>	43
d. <u>Indice</u>	45
B. <u>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</u>	46
1. <u>Rendimiento bruto en pasta</u>	46
2. <u>Propiedades físico-mecánicas en el papel</u>	46
a. <u>Indice de Rasgado</u>	47
b. <u>Indice de Estallido</u>	48
c. <u>Largo de Ruptura</u>	49
V. <u>CONCLUSIONES</u>	50
VI. <u>RESUMEN</u>	51
VII. <u>BIBLIOGRAFIA</u>	52
VIII. <u>ANEXO</u>	54

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro N°	Página
1. Condiciones de cocción del ensayo realizado por Valente (14) en <i>Eucalyptus globulus</i>	7
2. Calidad de pulpa para diferentes parámetros de densidad.....	9
3. Resultados obtenidos de los ensayos realizados por Repetti (9).....	10
4. Condiciones de cocción del trabajo propuesto por Torres (13).....	11
5. Características de las propiedades físico- mecánicas del papel en pulpas crudas sin refinar para las diferentes clases diamétricas.....	12
6. Condiciones de cocción del estudio realizado por Garcia de León (5).....	12
7. Valores de Índice de tensión y rasgado.....	14
8. Información presentada por González Alvarez y colaboradores, citado por Carriquiry (2) sobre pastas de <i>Eucalyptus globulus</i>	15
9. Condiciones de cocción utilizadas por De los Santos Viqueira citado por Carriquiry (2) en sus ensayos.....	15
10. Resultados de cocción y características físicas de las pastas ensayadas por De los Santos Viqueira.....	15
11. Condiciones de cocción del ensayo realizado por Carriquiry (2).....	16
12. Características de las pastas en estado natural para <i>Eucalyptus globulus ssp. globulus</i> y <i>Eucalyptus globulus ssp. maidenii</i>	16
13. Valores obtenidos para las propiedades físico- mecánicas del papel en <i>Eucalyptus globulus ssp. globulus</i> y <i>Eucalyptus globulus ssp. maidenii</i>	17
14. Características de las plantaciones de <i>Eucalyptus globulus</i> estudiadas por Farrington, citadas por Higgins (6).....	18

15. Condiciones de cocción del trabajo realizado por Bustamante (1) en <i>Eucalyptus globulus ssp. globulus</i> y <i>Eucalyptus globulus ssp. maidenii</i>	18
16. Resultados obtenidos del ensayo realizado por Bustamante.....	18
17. Condiciones de cocción utilizadas por Bustamante en otros ensayos realizados en la misma subespecie.....	19
18. Características de las pastas de <i>Eucalyptus globulus ssp. maidenii</i>	19
19. Propiedades fisico-mécnicas para <i>Eucalyptus globulus ssp. maidenii</i>	20
20. Características de las pastas de <i>Eucalyptus globulus ssp. globulus</i> (Huelva).....	20
21. Propiedades fisico-mécnicas para <i>Eucalyptus globulus ssp. globulus</i> (Huelva).....	21
22. Características de las pastas de <i>Eucalyptus globulus ssp. globulus</i> (Santander).....	21
23. Propiedades fisico-mécnicas para <i>Eucalyptus globulus ssp. globulus</i> (Santander).....	21
24. Lista de orígenes utilizados.....	23
25. Condiciones de cocción utilizadas en el laboratorio de PAMER S.A.....	26
26. Porcentaje de corteza.....	36
27. Resultados obtenidos para peso específico aparente y rendimiento bruto en pasta.....	37
28. Resultados obtenidos del Índice Kappa y Alcalinidad.....	39
29. Resultados obtenidos de Índice de Rasgado para <i>Eucalyptus globulus ssp. globulus</i> , <i>Eucalyptus globulus ssp. maidenii</i> y <i>Eucalyptus globulus ssp. bicostata</i>	42

30. Resultados obtenidos de Índice de Estallido para <i>Eucalyptus globulus ssp. globulus</i> , <i>Eucalyptus globulus ssp.</i> <i>maidenii</i> y <i>Eucalyptus globulus ssp. bicostata</i>	42
31. Resultados obtenidos de Largo de Ruptura para <i>Eucalyptus globulus ssp. globulus</i> , <i>Eucalyptus globulus ssp.</i> <i>maidenii</i> y <i>Eucalyptus globulus ssp. bicostata</i>	43
32. Resultados obtenidos de Índice = $\sqrt{I. \text{Rasgado} * I. \text{Estallido}}$ <i>Eucalyptus globulus ssp. globulus</i> , <i>Eucalyptus globulus ssp.</i> <i>maidenii</i> y <i>Eucalyptus globulus ssp. bicostata</i>	45
33. Análisis de Varianza para la variable rendimiento bruto en pasta.....	46
34. Análisis de Varianza para la variable Índice de Rasgado.....	47
35. Análisis de Varianza para la variable Índice de Estallido.....	48
36. Nivel de revoluciones para la variable Índice de Estallido.....	48
37. Análisis de Varianza para la variable Largo de Ruptura.....	49
38. Nivel de revoluciones para la variable Largo de Ruptura.....	49

Figura N°

1. Deslignificación vs. consumo de álcali.....	8
2. Deslignificación vs. rendimiento de pulpa.....	8
3. Resistencia a la tracción en función del °SR.....	13
4. Resistencia al rasgado en función del °SR.....	14
5. Etapas de Laboratorio.....	24
6. Curva teórica de cocción.....	27
7. Peso específico aparente y Rendimiento bruto en pasta para las tres subespecies.....	39

8. Grado de refino en función del número de revoluciones para las tres subespecies (10000 y 20000 Molino Lampen).....	40
9. Índice de Rasgado para <i>Eucalyptus globulus ssp. globulus</i> , <i>Eucalyptus globulus ssp. maidenii</i> y <i>Eucalyptus globulus ssp. bicostata</i>	42
10. Índice de Estallido para <i>Eucalyptus globulus ssp. globulus</i> , <i>Eucalyptus globulus ssp. maidenii</i> y <i>Eucalyptus globulus ssp. bicostata</i>	43
11. Largo de Ruptura para <i>Eucalyptus globulus ssp. globulus</i> , <i>Eucalyptus globulus ssp. maidenii</i> y <i>Eucalyptus globulus ssp. bicostata</i>	44
12. Índice $\sqrt{I.Rasgado * I.Estallido}$ para <i>Eucalyptus globulus ssp. globulus</i> , <i>Eucalyptus globulus ssp. maidenii</i> y <i>Eucalyptus globulus ssp. bicostata</i>	45

I. INTRODUCCION

La selección de materia prima con características adecuadas es la manera más importante y económica para alcanzar las propiedades deseadas del papel (15).

Es por ello que el género *Eucalyptus* se presenta como una de las alternativas para resolver en cierta medida el problema de la escasez creciente de materias primas celulósicas (7).

El buen comportamiento de las propiedades de las fibras, su rápido crecimiento y bajos costos de producción, han determinado un incremento en la demanda global de pulpas provenientes de varias especies de *Eucalyptus*.

Estas ventajas sumadas al fácil cultivo, manejo y a la gran capacidad de rebrote de la mayoría de las especies utilizadas comercialmente; han colocado al género *Eucalyptus* en segundo lugar en cuanto a superficies forestadas con fines de uso industrial a escala mundial (7).

El Uruguay presenta excelentes condiciones de adaptación ecológicas y climáticas para el desarrollo del género *Eucalyptus*. El sector Forestal en el País se ha desarrollado a partir de plantaciones artificiales de *Eucalyptus*, *Pinus* y *Salicáceas*, ocupando en la actualidad una superficie de 400.000 hectáreas; correspondiendo un 80 % de dicha área al género *Eucalyptus*.

El objetivo del presente trabajo, es evaluar comparativamente la aptitud para la producción de papel a partir de pastas Kraft de tres subespecies de *Eucalyptus*: *Eucalyptus globulus* Labill ssp. *globulus*, *Eucalyptus globulus* Labill ssp. *maidenii* (F.Muell) Kirkpatrick y *E. globulus* ssp. *bicostata* (Maiden, Blakley et Simmons) Kirk.

Se evaluaron la resistencia a la tracción, al estallido, rasgado a dos grados de refinación, 10000 y 20000 revoluciones; también se determinó el rendimiento bruto en pasta, consumo de reactivo durante la cocción, número kappa, peso específico aparente básico y porcentaje de corteza. Todos los ensayos de laboratorio se realizaron siguiendo las correspondientes normas TAPPI.

El proceso al pulpeo Kraft o al sulfato fue el elegido por ser el más tradicional y aplicado en la industria celulósica. Las ventajas de este proceso sobre otros es la gran versatilidad en el uso de materias primas y la capacidad de obtener pastas de alta resistencia (10).

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

A. PULPEO KRAFT

1. Visión general de la metodología del pulpeo

El pulpeo es el proceso en el que se rompen las uniones de la estructura de madera. Dicha tarea puede efectuarse mecánicamente, térmicamente, químicamente o por combinaciones de estos tratamientos (10).

Los métodos de obtención de pulpas químicas son capaces de eliminar la mayor parte de la lignina; degradando también una cierta cantidad de hemicelulosa y celulosa, por lo que el rendimiento en pulpa es bajo, usualmente entre 40 y 50% de la madera original en relación con el pulpeo mecánico.

Las pulpas químicas suponen un 70% de la producción norteamericana, siendo el 90% de ellas producidas por el proceso Kraft, que es el dominante debido a las ventajas que presenta con respecto a otros procesos.

Dicho proceso se ha desarrollado hace casi 100 años a partir de la cocción a la sosa; (donde se utiliza solo hidróxido de sodio como producto químico); cuando Carl S. Dahl introdujo sulfato de sodio en la cocción.

La conversión en sulfuro de sodio en el licor de cocción resultante produjo una mejora en la cinética de cocción y las propiedades de la pulpa de coníferas. Para el caso de las latifoliadas, estas son menos afectadas por la presencia del sulfuro de sodio en el licor de cocción alcalina, razón por la cual muchas pulpas de latifoliadas se producen aún por el proceso a la sosa.

El proceso Kraft involucra la cocción de las astillas de madera en una solución de hidróxido de sodio (NaOH) y sulfuro de sodio (Na_2S). El ataque alcalino causa una rotura de la molécula de lignina en fragmentos más pequeños, cuyas sales de sodio son solubles en el licor de cocción.

Las pulpas Kraft producen papeles resistentes, siendo la pulpa cruda de color marrón oscuro. Las pulpas al sulfito son más claras que las pulpas Kraft pudiéndose blanquear con más facilidad, pero las hojas de papel son más débiles que las obtenidas por el proceso Kraft.

Además, las pulpas obtenidas a través del proceso Kraft son más eficientes en la recuperación de productos químicos, pueden ser aplicables a una amplia variedad de especies presentando también la capacidad de resistir la presencia de corteza en el proceso de pulpeo.

Otra característica del proceso, es su asociación con la emisión de gases, principalmente sulfuros orgánicos que causan problemas de contaminación ambiental, por lo cual sería deseable conseguir un método de pulpeado químico completamente libre de azufre.

Varios procesos sin azufre son objetos de investigación enfocados principalmente para el pulpeo químico de coníferas. Algunas cocciones de laboratorio han producido pulpas cuyas propiedades se aproximan a las de las pulpas Kraft.

2. Características de las Pastas de *Eucalyptus*

Según Reinoso, E.(8) las pastas de *Eucalyptus* poseen una serie de ventajas que han llevado a un aumento de la utilización de las mismas en la fabricación de papel y cartón. Entre ellas se destacan:

- Mejor formación del papel, lo cual se traduce en una mejor aptitud para la impresión y en una mayor resistencia mecánica.
- Propiedades de la fibra de *Eucalyptus*, (menor longitud y flexibilidad), que hacen que durante la fabricación del papel se reduzca el número de uniones interfibrilares y se produzca un menor contacto entre fibras, dando origen a un papel menos denso y por consiguiente de mayor mano o volumen.
- Mayor porosidad favoreciendo la penetración del vapor a través de la pasta, produciéndose por lo tanto un menor consumo específico de vapor. También se favorece la absorción de tinta en el proceso de impresión y posterior secado.
- Disminuye la rugosidad y por consiguiente aumenta la lisura.
- La superficie del papel es más homogénea y es posible obtener un buen acabado sin excesivo trabajo mecánico.
- Mayor número de fibras por unidad de superficie, lo cual se traduce en una mejor opacidad. característica esta de gran importancia en los papeles de escritura e impresión.

- Debido a la excelente relación resistencia mecánica- opacidad, es posible fabricar papeles de impresión y escritura con altos niveles de opacidad sin necesidad de reducir la primera.
- Mejor grado de color y el aspecto general de los papeles crudos o coloreados.
- Desarrollan muy rápidamente sus propiedades al refinarlas exigiendo para ello un menor consumo de energía. Las fibras de *Eucalyptus* desarrollan una buena resistencia a la tracción y estallido, como consecuencia de una mejor unión interfibrilar luego de haber sido refinadas. La deficiencia que se observa en resistencia al rasgado se compensa con el agregado de un cierto % de celulosa de fibra larga (9).

3. Estudios realizados

Torres y Castro (12), estudiaron los efectos de la utilización de fibra de *Eucalyptus* en la producción de krafliner. A partir de dicho estudio se buscó abordar aspectos como ser: condiciones de cocimiento de las especies bajo estudio (*Pinus pinaster* y *Eucalyptus globulus*), influencia de la presencia de fibra corta en la calidad de la pasta como también la comparación de tratamientos separados de pastas de fibra corta y larga con respecto al tratamiento en conjunto.

En el laboratorio se efectuaron cocciones determinando curvas de deslignificación para madera de *Eucalyptus globulus* y *Pinus pinaster*. También se efectuaron cocciones que contuvieran 20 y 40 % de madera de *Eucalyptus globulus*.

En todas las cocciones se mantuvieron una relación de líquido/madera (3,5:1), siendo el tiempo de cocción utilizado de 50 minutos. Se observó que variando la temperatura de cocción se obtenían valores diferentes de *factor II*, por lo tanto diferentes grados de deslignificación de la madera. La carga alcalina utilizada fue de 15.0% como Na_2O , con excepción de la cocción de *Eucalyptus* para la cual se utilizó 12%.

Como era de esperar, se obtuvo una deslignificación más rápida con la madera de *Eucalyptus globulus*; esta tiene un mayor tenor de celulosa que la madera de *Pinus pinaster*, siendo conocido además su elevado rendimiento de cocción y más fácil deslignificación.

En los cocimientos mixtos de *Pinus* y *Eucalyptus*, el grado de deslignificación se situó entre la deslignificación de *Pinus* y la de *Eucalyptus*.

Observándose estos resultados, los autores pudieron concluir que en la cocción mixta, el grado de deslignificación de las dos especies es independiente, siendo el *Eucalyptus* mucho más cocido que el *Pinus*.

En cuanto a los rendimientos obtenidos por cocción, son significativamente más elevados para *Eucalyptus* que para *Pinus* a iguales número Kappa, situándose en posiciones intermedias los relativos a pastas mixtas.

El otro estudio realizado por los autores determinó como afecta la incorporación de *Eucalyptus* a las propiedades papeleras de una pasta Kraft de *Pinus*. La incorporación de un determinado porcentaje de *Eucalyptus* a una pasta mixta de *Pinus*, permitirá reducir el consumo de energía de refinación, por lo menos hasta el nivel de incorporación de 40% presentado en dicho estudio.

Se seleccionaron pastas con 20 y 40% de *Eucalyptus* provenientes de cocciones mixtas con número Kappa que se encontrara en la gama habitualmente utilizada para la producción de krafliner.

Las pastas seleccionadas fueron tratadas en un refinador Valley (norma TAPPI 200); determinándose las propiedades papeleras para diferentes condiciones de refinado(TAPPI 205).

En lo que respecta a los resultados obtenidos, se vio que la refinación de las pastas de *Eucalyptus* es significativamente más rápida que la refinación de pastas de *Pinus*. En pastas mixtas la fibra corta es preferencialmente refinada, lo cual significa que un aumento del porcentaje de *Eucalyptus* incorporado en la pasta facilita la tarea de refinado.

Con el aumento de la refinación, la resistencia al rasgado disminuye en pastas de *Pinus*, mientras que en las de *Eucalyptus* se da una fase inicial de crecimiento alcanzando un máximo para luego descender. Esta resistencia, que mide el trabajo realizado en la acción de rasgado, depende de la proporción en que el rasgado sé de por corte o separación de fibras.

Cuando la refinación es baja (uniones débiles entre las fibras), el rasgado se da por separación de las mismas, siendo el trabajo en las pastas de *Pinus* significativamente más elevado, debido a las dimensiones de sus fibras, que en el caso de *Eucalyptus*.

A medida que aumenta el refinado, las uniones se fortalecen, siendo más acentuado en *Pinus* que en *Eucalyptus*, contribuyendo dicho aumento al corte de las fibras.

La disminución de las uniones entre las fibras por la introducción de la fibra corta frente a un cierto grado de refinación, determina un aumento de la resistencia al rasgado, privilegiándose la acción de separación con relación a la acción de corte.

Entonces tanto las dimensiones como la resistencia individual de las fibras, son las que determinan el comportamiento de ambas especies frente a distintos grados de refino de las pastas.

Por último, la relación inversa que existe entre índice de estallido/rasgado en la refinación, hace que para valores bajos de índice de estallido, la incorporación de *Eucalyptus* se traduzca en una disminución significativa del índice de rasgado.

Otro factor negativo a tener en cuenta es que para un determinado nivel de resistencia de la pasta, la presencia de *Eucalyptus* disminuye el grado de drenaje (aumento del grado Schooper- Riegler).

Para un determinado valor de resistencia de la pasta, la resistencia al rasgado también se vio afectada negativamente al aumentar el porcentaje de *Eucalyptus* involucrado en la mezcla. Esta disminución fue menor cuanto más elevado fue el índice de estallido considerado (disminución en el orden del 10% para un índice de 40, siendo casi inexistente para un índice de 60%).

Por lo tanto los autores establecen, que es muy importante tener en cuenta este tipo de relaciones a los efectos de tomar todas las prevenciones posibles para no tener problemas en la práctica.

En una publicación de APPTA Journal, de 1992, titulada "Programa de Mejoramiento para *Eucalyptus globulus* en PORTUCEL: componente tecnológico", se describe un estudio realizado por el Centro PORTUCEL de Investigación y Desarrollo.

De acuerdo a Valente (14), *Eucalyptus globulus* es una de las mejores especies dentro de las latifoliadas para la producción de un amplio rango de papeles blanqueados de alta calidad. La deslignificación, o sea la separación de las fibras de madera, y el blanqueado pueden obtenerse con altos rendimientos y bajo consumo de químicos.

Para la producción de papel, un bajo consumo de energía es requerido en el refinado para desarrollar la unión interfibrilar necesaria, la adecuada resistencia, estructura y propiedades ópticas del papel.

Se llevo a cabo un muestreo donde se cortaron árboles, obteniéndose discos a cuatro alturas diferentes, determinándose que la misma era la mínima cantidad necesaria para que el muestreo fuera representativo tomándose en cuenta los costos y la recolección en el campo.

La densidad básica se obtuvo a partir del "Principio de Arquímedes", tanto con discos como con chips (12* 10*10 mm).

Cuadro N°1. Condiciones de cocción del ensayo realizado por Valente (14) en *Eucalyptus globulus*

Sulfidez:	25% como Na ₂ O
Alcali activo	90% como Na ₂ O
Relación lejía/madera	4:1
Temperatura máxima	160°C (468 factor H)

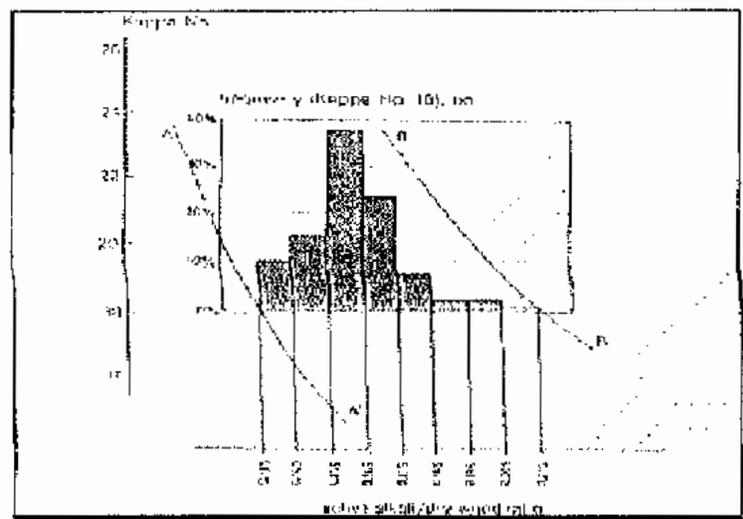
Fuente: elaboración propia a partir de Valente (14)

A cada muestra se le realizan dos cocimientos como mínimo, uno a 18% de álcali activo y el otro a determinado nivel de álcali, de tal manera de obtener un número Kappa de 16; siendo este último en condiciones de laboratorio el nivel de referencia donde la pulpa se encuentra libre de impurezas.

Se utilizó para la cocción un mini digestor de 200 g. Una vez finalizado el cocimiento, la pulpa es volcada en un tanque con agua fría donde es lavada y desintegrada utilizando un estimado de 100 litros de agua por kilo de pulpa.

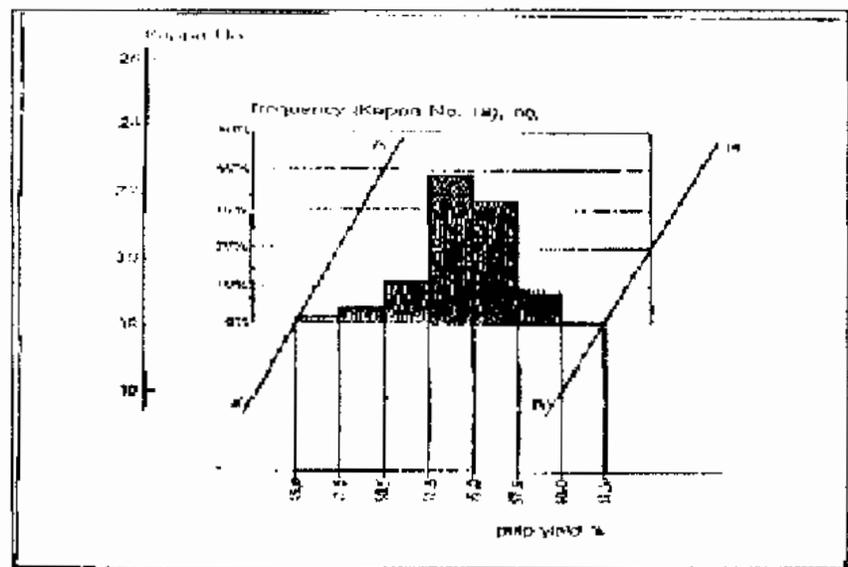
Los resultados obtenidos determinaron que existe una considerable variabilidad en el comportamiento de los árboles en el cocimiento.

Figura N°1. Designificación vs. consumo de álcali



Fuente: Valente (14)

Figura N°2. Designificación vs. rendimiento de pulpa



Fuente: Valente (14)

Las curvas A-A' y B-B' delimitan las curvas de cocción. Las proyecciones para los histogramas de álcali activo y rendimiento de pulpa Kraft, para un número Kappa de 18, muestran que la mayor frecuencia de los valores obtenidos se encuentra en un rango de 15.5-16.5% de álcali activo y 52.5 - 55.0% para rendimiento de pulpa.

A través de la curva de distribución de frecuencia de la densidad de un grupo de 55 árboles, se obtuvieron muestras representativas de la densidad básica para cada intercuartil y a partir de pruebas realizadas en cada uno de ellos, se obtuvo un criterio de la calidad de la pulpa como se observa en el siguiente cuadro.

Cuadro N°2. Calidad de la pulpa para diferentes parámetros de densidad

Densidad (kg./m ³)	d < 500		500 > d < 520		520 > d < 540		d > 540	
N° Kappa	15.6		15.9		15.7		14.8	
Rendimiento Pulpa (%)	52.4		52.1		52.6		52.6	
Viscosidad (ml/g.)	1070		1085		1080		1060	
Revoluciones	0	2000	0	2000	0	2000	0	2000
°SR	22.5	48.5	24.0	48.5	23.0	42.5	20.0	38.5
Factor estallido (kPa m ² /g.)	2.00	6.75	2.10	6.15	1.82	5.69	1.15	5.09
Índice de tensión (N.m/g.)	48.3	101.3	48.6	90.0	45.2	90.5	32.2	77.8
Factor rasgado (mNm ² /g)	5.44	8.36	6.06	8.56	5.88	9.00	3.11	8.13

Fuente: Valente (14)

A partir de estos datos, se puede afirmar que a medida que la densidad aumenta:

- La estructura del papel se hace más porosa, y la resistencia a la tensión se reduce. La explicación de este fenómeno se debe a la biometría de las fibras, por lo tanto maderas más densas presentan fibras con paredes celulares más gruesas y menores diámetros de lumen. Como consecuencia las fibras son más rígidas y presentan menores propiedades de compactabilidad durante su procesamiento.
- Las pulpas presentan mayor drenaje y producen una estructura voluminosa produciendo papeles con muy buena opacidad.
- Al mismo tiempo la unión entre fibras es más débil, produciendo en el papel una disminución de la resistencia a tensión.

- A mayor grosor de las fibras se demanda un mayor consumo de energía en el refinado.

Repetti, R.(9), evaluó la aptitud tecnológica en la elaboración de pastas Kraft de cuatro especies de *Eucalyptus*, comentándose únicamente a continuación los datos correspondientes a *Eucalyptus globulus ssp. globulus*.

El análisis se realizó sobre tres series de datos, dos obtenidos en Argentina y uno en España, en similares condiciones de trabajo.

Cuadro N°3. Resultados obtenidos de los ensayos realizados por Repetti (9)

	A) Argentina	B) Argentina	C) España	
	<i>E. globulus</i>	<i>E. globulus</i>	<i>E. globulus</i> (Huelva)	<i>E. globulus</i> (Santander)
Edad	11 años	n.d	n.d	8- 9 años
Nº Kappa	25.1	23.0	22.0	19.4
Rendimiento(%)	53.1	47.1	52.2	54.4
Grado refinación(°SR)	40.0	40	45	45
Resistencia tracción (Índice)(KNm/kg.)	105	117.6	93.1	96
Resistencia reventamiento (Índice)(MN/kg.)	7.2	7.6	5.4	5.2
Resistencia rasgado (Índice)(Nm²/Kg)	9.0	9.1	5.5	6.1

Fuente: Repetti (9)

Además de las propiedades de resistencia se consignan el grado de refinación (grado de fibrilación e hidratación de las fibras al cual se formaron las hojas de papel) y el número Kappa (grado de deslignificación obtenido en una digestión Kraft).

Siempre que se comparan propiedades papeleras de diferentes especies o entre sí, debe hacerse a un mismo grado de refinación y número Kappa, ya que estas propiedades varían con ambos parámetros.

De los resultados obtenidos se observa que *Eucalyptus globulus* presenta un excelente rendimiento de pasta para el ensayo A) de Argentina y para los ensayos realizados en España.

A partir de la comparación con otras especies también estudiadas, se concluyó que *Eucalyptus globulus* es una excelente madera para la fabricación de pastas Kraft. Tiene bajo contenido de lignina, densidad media y permite obtener pastas de muy buena resistencia, con excelentes rendimientos.

En otro trabajo propuesto por Torres, M (13), la experimentación se centra en estudiar las astillas provenientes de trozas de distintas clases diamétricas: de 8 a 12 cm, 14 a 18 cm, 20 a 26 cm, 28 a 36 cm y mayores a 36 cm; procedentes de árboles de *Eucalyptus globulus* de la Octava Región de Chile.

Sé extrajeron discos de una pulgada de espesor, los que se astillaron manualmente, dándoles las dimensiones 3 * 20*25 milímetros (FAO, 1978).

La metodología utilizada se basó en la norma TAPPI. La digestión (pulpaje), se efectuó al equivalente de 800g de astillas secas, con una mezcla de sulfuro e hidróxido de sodio.

Cuadro N°4. Condiciones de cocción del trabajo propuesto por Torres, M (13)

Alcali activo	16% como Na ₂ O
Sulfidez	20%
Temp. máxima	165°C
Tiempo a max. temp	100 minutos
Relación lejía/madera	4:1

Fuente: elaboración propia a partir de Torres, M(13)

Este conjunto fue sometido a temperatura y tiempo de cocción obteniendo un compuesto químico residual y un material fibroso, el cual se clasificó en un harnero plano vibratorio, separando el material grueso (haces de fibras, nudos) de las fibras individuales clasificadas.

Las mismas se depositaron en el mezclador vertiendo agua en ellas para hacer una suspensión, de esta se retiró un volumen determinado para formar una hoja (60g/m²) la que se seca y pesa. A partir de ella, se evaluaron propiedades físico-mecánicas en un ambiente de 50% de H.R. y 23°C.

Al compuesto químico residual (licor negro), se le mide mediante titulación la concentración de álcali residual, y mediante evaporación de agua se cuantifican los sólidos totales.

Cuadro N°5. Características de las propiedades físico- mecánicas del papel en pulpas crudas sin refinar para diferentes clases diamétricas

Clase diam (cm)	Drenaje (°SR)	Densidad Aparente (g/cm ³)	Longitud ruptura (Km)	Factor explosión (%)	Factor rasgado (%)
8-12	17	0.486	4.22	24	61
14-18	16	0.539	3.82	28	94
20-26	16	0.384	2.81	14	45
28-36	15	0.401	3.35	17	44
hacia 36	15	0.451	4.66	20	65

Fuente: elaboración propia a partir de Torres, M (13)

Se puede observar que la clase de 14-18 cm presenta un alto valor de factor de rasgado. En general las pulpas de diferentes clases diamétricas presentaron rendimientos aceptables y buena formación de los papeles con propiedades óptimas.

García de León (5). realizó un estudio donde se llevo a cabo la comparación de cinco especies de *Eucalyptus*: *E. grandis*, *E. saligna*, *E. dunnii*, *E. globulus ssp. maidenii* y *E. benthamii*, a partir de importantes características y propiedades físico-mecánicas del papel para la producción de pulpa Kraft blanqueada.

De cada especie se seleccionaron seis árboles codominantes de cuatro años de edad para que representaran al árbol tipo. Como muestra se obtuvo una troza de 1.20m de longitud, a la altura del pecho como representativo del total del árbol.

Cuadro N°6. Condiciones de cocción del estudio realizado por García de León (5)

Alcali efectivo	22 % como NaOH
Temperatura	155°C
Tiempo para alcanzar max. temp	90 minutos
Tiempo total necesario para alcanzar Kappa 20	-
Relación licor/madera	4:1
Norma SCAN- standard method	

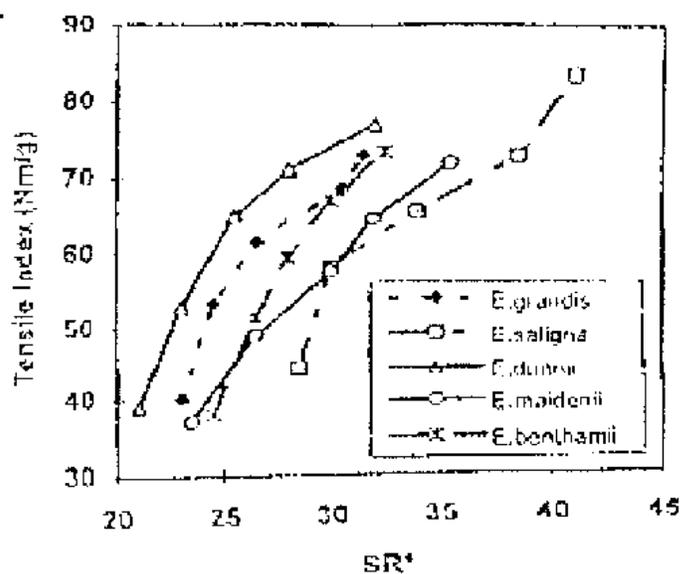
Fuente: elaboración propia a partir de García de León (5)

La densidad básica (kg./m³), se ha dicho que es el parámetro más importante para los productores de pulpa. En el caso de *Eucalyptus globulus ssp. maidenii*, se observó una densidad básica de 555 kg./m³.

El cocimiento de las cinco especies llevado a Kappa 20, determina un rendimiento de pulpa entre 47.8% y 50.1%. Para el caso de *Eucalyptus globulus ssp. maidenii*, el rendimiento de pulpa alcanzado fue 48.5% (Rendimiento clasificado).

El consumo de madera es uno de los factores más influyentes en cuanto a los costos de producción de la pulpa. El menor consumo de madera fue obtenido por *Eucalyptus globulus ssp. maidenii* siendo este de 3.6 m³/ADBL.

Figura N°3. Resistencia a la tensión en función del °SR



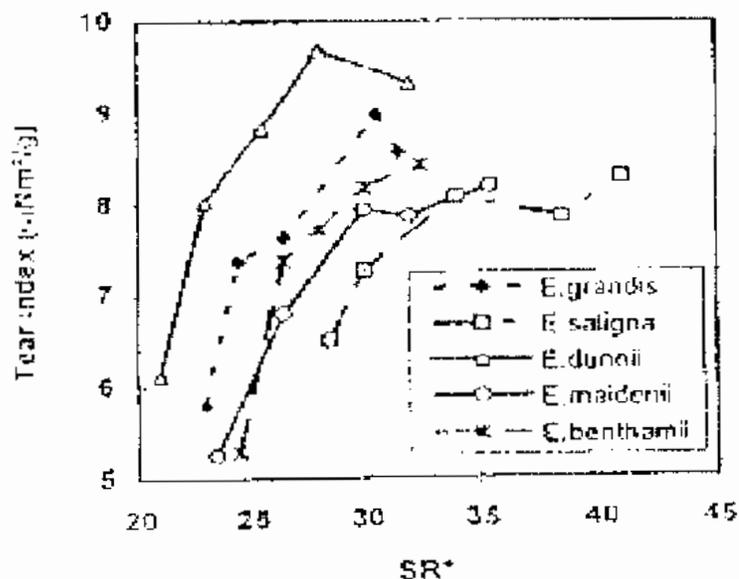
Fuente: García de León (5)

ESCUELA DE AGRONOMÍA



DEPARTAMENTO DE
DOCENCIA Y
BIBLIOTECA

Figura N°4. Resistencia al rasgado en función del °SR



Fuente: García de León (5)

A continuación, se presenta en el siguiente cuadro los valores obtenidos por el autor para *Eucalyptus globulus ssp. maidenii*, observándose que a medida que aumentan los °SR los valores de ambos índices son mayores.

Cuadro N°7. Valores de Índice de tensión y rasgado

Índice de tensión (Nm/g)		Índice de rasgado (mNm ² /g)	
25 SR°	35 SR°	25 SR°	35 SR°
42	70	6.8	8.0

Fuente: elaboración propia a partir de figura N°3 y N°4

A su vez también se observa que *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus dunoi* y *Eucalyptus benthamii* presentan valores de Índice de tensión y de rasgado mayores a los observados para *Eucalyptus globulus ssp. maidenii*.

Como conclusiones finales, el autor establece que *Eucalyptus globulus ssp. maidenii* es una muy buena opción para la utilización por parte de los productores de pulpa, afirmando a su vez, que la utilización de esta especie puede traer problemas en las propiedades técnicas del papel (corrimiento, procesamiento e impresión).

Cuadro N°8. Información presentada por González Alvarez y colaboradores sobre pastas de *Eucalyptus globulus*; citados por Carriquiry (2)

Grado de refino (°SR)	29.0	40.5
Longitud de rotura (Km)	6.8	8
Elongación (%)	1.9	2.1
Índice de rasgado(%)	77	72
Porosidad (s)	10.0	29.1

Fuente: elaboración propia a partir de Carriquiry (2)

De los Santos Viqueira, citado por Carriquiry (2), evalúa la aptitud tecnológica de *Eucalyptus globulus* para la producción de pasta Kraft.

En los ensayos de cocción, De los Santos Viqueira (op,cit) utilizó madera con corteza, y estableció las siguientes condiciones de pulpeo:

Cuadro N°9. Condiciones de cocción utilizadas por De los Santos Viqueira, citado por Carriquiry (2)

Alcali activo:	16% en equivalentes Na ₂ O
Sulfidez:	25% en equivalentes Na ₂ O
Temperatura máxima	170° C
Tiempo de subida	60 minutos
Relación lejía/ madera	4:1

Fuente: elaboración propia a partir de Carriquiry (2)

Cuadro N°10. Resultados de la cocción y características físicas de las pastas ensayadas por De los Santos Viqueira

Tiempo a temp máxima	30 minutos
Rendimiento	51.78 %
Número Kappa	16.7
Refino natural	23 ° SR

Características físicas de las pastas	30 ° SR	45° SR
Tiempo de refino (minutos)	22	44
Longitud rotura (Km)	8.6	10.5
Índice de estallido(%)	53	60
Índice de rasgado (%)	63	47

Fuente: elaboración propia a partir de Carriquiry (2)

A partir del cuadro anterior, se observa que a medida que aumenta el tiempo de refinó pasando de 30 a 45 °SR, los valores de Longitud de rotura como del Índice de estallido aumentan, mientras que para el caso del Índice de rasgado disminuyen.

Carriquiry (2), evaluó la aptitud papelera en *Eucalyptus globulus ssp. globulus*, *Eucalyptus globulus ssp. maidenii* y *Eucalyptus viminalis*. Para dicho estudio utilizó árboles provenientes de Fábrica Nacional de Papel (FANAPEL), de 11 años de edad, en el caso de *Eucalyptus maidenii* y *viminalis* y 13 años en el caso de *Eucalyptus globulus*.

Cuadro N°11. Condiciones de cocción del ensayo realizado por Carriquiry (2)

Alcali activo	16 % como Na ₂ O
Sulfidez	20 % como Na ₂ O
Relación lejía/madera	4:1
Temp. máxima	160-165 °C
Tiempo subida	60 min.
Tiempo Temp máx.	60 min.
Peso seco de la madera	1000 g.
Presión digestor	7-7.5 Kg/cm ²

Fuente: Carriquiry (2)

Cuadro N°12. Características de las pastas en estado natural para *Eucalyptus globulus ssp. globulus* y *Eucalyptus globulus ssp. maidenii*

<i>Eucalyptus globulus ssp. globulus</i>		<i>Eucalyptus globulus ssp. maidenii</i>	
°SR	17	°SR	15
Porosidad (g/seg)	2	Porosidad (g/seg)	4
N° Kappa	31.8	N° Kappa	42.8
H.R.A.	72 %	H.R.A.	72.5%
Alcali residual	16 g/l	Alcali residual	24 g/l

Fuente: elaboración propia a partir de Carriquiry (2)

Cuadro N°13. Valores obtenidos para las propiedades físico-mecánicas del papel en *Eucalyptus globulus ssp. globulus* y *Eucalyptus globulus ssp. maidenii*

	<i>Eucalyptus globulus ssp. globulus</i>		<i>Eucalyptus globulus ssp. maidenii</i>	
	10000	20000	10000	20000
Revoluciones	10000	20000	10000	20000
°SR	26	30	29	49
Indice estallido (%)	57	70	71	64
Resistencia a la tracción (Km)	5,45	5,10	6,34	6,43
Indice de rasgado (%)	98	91	98	93
Porosidad (seg/100cc.)	2,00	7,00	4,00	3,00

Fuente: elaboración propia a partir de Carriquiry (2)

A pesar que no se trabajo con un mismo número Kappa en ambas subespecies, el autor arribó a las siguientes conclusiones:

- El refino tiende a homogeneizar las características físico-mecánicas de las pastas, atenuando las diferencias existentes antes del proceso.
- A 10000 revoluciones, *E. globulus* y *E. maidenii* proporcionan pastas con buenas características físico-mecánicas. Se observó que a 20000 revoluciones las mismas no mejoran sustancialmente.
- En el análisis tecnológico de las pastas a 10000 revoluciones, existe una superioridad poco marcada por parte del *Eucalyptus globulus ssp. maidenii* con respecto a *Eucalyptus globulus ssp. globulus*. Para 20000 revoluciones prácticamente no existentes diferencias.

Barbadillo(1967), citado por Higgins (6), reportó para España, rendimientos de pastas Kraft de *Eucalyptus globulus* superiores al 51 %.

Farrington, citado por Higgins (6), estudió plantaciones de *Eucalyptus globulus* (VIC), concluyendo que dicha madera tenía un valor óptimo a la edad de 10 años para la fabricación de pulpa Kraft. Las propiedades de resistencia estaban en su máximo, el consumo químico se encontraba en su mínimo y dichas pulpas presentaban un alto rendimiento.

Cuadro N° 14. Características de las plantaciones de *Eucalyptus globulus* estudiadas por Farrington, citado por Higgins (6)

Especie	Origen	Edad	Densidad Básica (kg. m ³)	N° Kappa	Rend (%)	Freeess (cfs)	Largo Rotura (Km)	Indice Rasgado (mNm ₂ /g)
<i>Eucalyptus Globulus</i>	Victoria	2	529	16.8	49.8	200	9.9	8.9
		6	528				12.2	10.1

Fuente: elaboración propia a partir de Higgins (6)

Bustamante (1), trabajó sobre *Eucalyptus globulus ssp. globulus*, de 8- 9 años de edad, y *Eucalyptus globulus ssp. maidenii* (n.d años), evaluando la calidad de la pasta y analizando las propiedades físico- mecánicas del papel a partir de la pulpa de celulosa de estas subespecies.

En una primera instancia, en la década del sesenta, se realizó el primer trabajo sistemático con 24 especies de *Eucalyptus*, dentro de las cuales se encontraban las subespecies *globulus* y *m Maidenii* bajo las siguientes condiciones:

Cuadro N°15. Condiciones de cocción del trabajo realizado por Bustamante (1) en *Eucalyptus globulus ssp. globulus* y *Eucalyptus globulus ssp. maidenii*

Alcali activo	15% como Na ₂ O
Sulfidez	20% como Na ₂ O
Temperatura máxima	170°C
Tiempo de subida	120 minutos
Tiempo a temperatura máxima	120 minutos
Relación lejía/madera	3.5:1

Fuente: elaboración propia a partir de Bustamante (1)

Los ensayos se realizaron en un hervidor rotativo de 15 litros, 2 r.p.m. y calefacción eléctrica con control automático de temperatura.

Cuadro N°16. Resultados obtenidos del ensayo realizado por Bustamante (1)

Especie	Consumo Aa (%)	Rend Total (%)	Kappa	°SR	45° SR				
					Tiempo Refino	Largo Rupt (Km)	Elong. (%)	Estallido (%)	Rasgado (%)
<i>E.globulus</i>	12.08	51.1	29	18.5	36 min	8.3	4.2	51	72
<i>E.maidenii</i>	12.86	45.7	-	18.0	37 min	8.7	3.1	45	73

Fuente: elaboración propia a partir de Bustamante (1)

El mismo autor continuó su trabajo sobre las dos subespecies utilizando árboles de edades similares y las siguientes condiciones de cocción:

Cuadro N°17. Condiciones de cocción utilizadas por Bustamante en otros ensayos realizados en las mismas subespecies

Alcali activo	16% como Na ₂ O
Sulfidez	25% como Na ₂ O
Temperatura máxima	170°C
Tiempo de subida	60 minutos
Tiempo a temperatura máxima	Llegar a N° Kappa 20
Relación lejía/madera	4:1

Fuente: Bustamante (1)

Para poder trabajar a un mismo grado de deslignificación, la variable del proceso fue el tiempo a temperatura máxima empleado para cada cocción, con el objetivo de lograr un número Kappa de 20. Las demás condiciones se mantuvieron fijas para cada cocción.

Previo a la cocción, se realizó un vaporizado a 100 °C durante 5 minutos de las astillas con el fin de mejorar la calidad de la pasta y disminuir a su vez el tiempo de cocción. Las cocciones se realizaron en hervidores estáticos de 120 litros, con calentamiento directo y circulación forzada.

Los valores obtenidos en los análisis realizados fueron los siguientes:

Cuadro N°18. Características de las pastas de *Eucalyptus globulus ssp. maidenii*

Tiempo cocción a temp máxima	Consumo reactivos % como Na ₂ O	Rendimiento total (%)	N° Kappa	Viscosidad (cm ³ /g)	Grado de refino (°SR)
15'	9.84	50.0	21.0	1047	20
20'	11.17	48.1	19.0	1186	20
30'	12.26	47.1	17.3	1095	21
60'	13.07	46.2	16.8	1024	21

Fuente: elaboración propia a partir de Bustamante (1)

Del cuadro anterior se observa que para las pastas de *Eucalyptus globulus ssp. maidenii*, a medida que el grado de deslignificación aumenta, el rendimiento total obtenido es menor.

Cuadro N°19. Propiedades físico- mecánicas para *Eucalyptus globulus ssp. maidenii*

Tiempo a temp máxima	Longitud de rotura (Km)		Indice de estallido (%)		Indice de rasgado (%)	
	30 °SR	45 °SR	30 °SR	45 °SR	30 °SR	45 °SR
15'	7.7	9.2	40.0	49.0	37.0	40.0
20'	8.2	9.6	45.0	56.0	41.0	45.0
30'	7.3	8.7	42.0	55.0	48.0	44.0
60'	8.1	9.6	46.0	56.0	38.0	37.0

Fuente: elaboración propia a partir de Bustamante (1)

A partir del cuadro N°19, se observa un aumento de la resistencia de las pastas tanto para la Longitud de rotura como el Indice de estallido a medida que el refinado se incrementa de 30 °SR a 45° SR. Esto sucede sin importar el grado de deslignificación que presenten las pastas (cuadro N°18).

Para el caso del Indice de rasgado, se observa que para un rango de número Kappa de 19-21, dicha variable aumenta. Al aumentar el grado de deslignificación y el de refinado, dicha resistencia disminuye (cuadros N°18, N°19).

Cuadro N°20. Características de las pastas de *Eucalyptus globulus ssp. globulus* (Huelva)

Tiempo cocción a temp máxima	Consumo reactivos % como Na ₂ O	Rendimiento total (%)	N° Kappa	Viscosidad (cm ³ /g)	Grado de refinado (°SR)
15'	10.55	55.19	22.0	1153	19
20'	10.64	54.39	19.0	1275	20
30'	10.88	53.63	16.0	1182	20
60'	-	-	-	-	-

Fuente: elaboración propia a partir de Bustamante (1)

Cuadro N°21. Propiedades físico-mecánicas para *Eucalyptus globulus ssp. globulus* (Huelva)

Tiempo a temp máxima	Longitud de rotura (Km)		Índice de estallido (%)		Índice de rasgado (%)	
	30 °SR	45 °SR	30 °SR	45 °SR	30 °SR	45 °SR
15'	7.5	9.5	41.0	55.0	61.0	56.0
20'	7.6	9.6	45.0	58.0	57.0	52.0
30'	8.1	9.7	55.0	59.0	58.0	54.0
60'	-	-	-	-	-	-

Fuente: elaboración propia a partir de Bustamante (1)

Cuadro N°22. Características de las pastas de *Eucalyptus globulus ssp. globulus* (Santander)

Tiempo cocción a temp máxima	Consumo reactivos % como Na ₂ O	Rendimiento total (%)	N° Kappa	Viscosidad (cm ³ /g)	Grado de refino (°SR)
15'	9.57	53.63	16.0	1291	21
20'	9.80	53.24	14.5	1224	22
30'	10.04	52.74	12.9	1159	23
60'	-	-	-	-	-

Fuente: elaboración propia a partir de Bustamante (1)

Cuadro N°23. Propiedades físico mecánicas para *Eucalyptus globulus ssp. globulus* (Santander)

Tiempo a temp máxima	Longitud de rotura (Km)		Índice de estallido (%)		Índice de rasgado (%)	
	30 °SR	45 °SR	30 °SR	45 °SR	30 °SR	45 °SR
15'	8.3	10.2	48.0	57.0	82.0	76.0
20'	8.3	10.0	47.0	56.0	80.0	66.0
30'	7.4	9.2	38.0	51.0	80.0	65.0
60'	-	-	-	-	-	-

Fuente: elaboración propia a partir de Bustamante (1)

A partir de los cuadros N°21 y N°23, se observa que a medida que aumente el grado de refino, aumentan tanto el Índice de estallido como la Longitud de rotura para ambas procedencias. Esto sucede sin importar en grado de deslignificación que presenten las pastas (cuadros N°20, N°22).

Los valores obtenidos de Índice de rasgado disminuyen a medida que el refino aumenta de 30 a 45 °SR (cuadros N°21, N°23). Esta variable presenta una curva en función del grado de refino, que muestra una típica subida inicial, hasta un grado de refino de 30-40° SR, a partir del cual se produce un descenso pronunciado debido a un acortamiento de las fibras.

El rasgado depende fundamentalmente de la longitud media de las fibras y a medida que ésta se reduce por efecto del refino, la resistencia al rasgado disminuye notablemente.

Por último, el autor desarrolla una clasificación de todas las especies con las cuales trabajó, siendo el criterio de selección el costo de producción de las pastas. La densidad básica y el rendimiento de la pasta son los factores que determinan el costo de producción.

Eucalyptus globulus ssp. globulus se encuentra en la primera categoría, por presentar rendimientos superiores al 50%; mientras que *Eucalyptus globulus ssp. maidenii* se encuentra en segundo lugar.

Otro estudio realizado fue el propuesto por Melo, citado por Bustamante (1), el cual estudió varias especies del género *Eucalyptus*: *Eucalyptus bicostata*, *Eucalyptus delegatensis*, *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus maidenii*, *Eucalyptus oblicua* y *Eucalyptus regnans*.

En función de las propiedades físicas y químicas de la madera, y la calidad de las pastas obtenidas de éstas, llegó a la conclusión que todas ellas son aptas para la fabricación de pastas para papel, considerando según el grado de aptitud tres categorías:

1. *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus maidenii*.
2. *Eucalyptus bicostata*, *Eucalyptus regnans*, *Eucalyptus delegatensis* y *Eucalyptus grandis*.
3. *Eucalyptus oblicua*.

III. MATERIALES Y METODOS

A. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO DE ORIGENES

La madera utilizada para la realización del presente trabajo fue extraída de uno de los ensayos de orígenes del INIA- TACUAREMBO ubicado en el Km 386 de la Ruta 5.

El diseño experimental del ensayo de orígenes es en bloques completos al azar con cuatro repeticiones, dentro de los cuales se encuentran ejemplares de *Eucalyptus globulus* Labill. *ssp. globulus*, *Eucalyptus globulus* Labill. *ssp. maidenii* (F.Muell.) Kirkpatrick., *Eucalyptus globulus ssp. bicostata* (Maiden, Blakely et Simmons) Kirk y *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden de diferentes localidades.

El tamaño de las parcelas es de 30 árboles, constituidas las mismas por tres líneas de 10 árboles cada una. La distancia de plantación es de 3 metros entre filas y 2.5 entre plantas de la misma fila. No tiene filas de borde, no fue fertilizado. el laboreo que se realizó en este predio fue total con arado y excéntrica.

Los árboles de donde se obtuvieron las muestras tenían 7 años de edad. Una vez determinados los dos mejores orígenes por subespecie, basada esta elección en el crecimiento y densidad de la madera, se procedió al muestreo del DAP (diámetro a la altura del pecho) con forcípula de todos los árboles seleccionados (Anexo N°1).

De cada origen se eligieron dos árboles cuyo DAP fuera superior a la media para un rango entre 17- 19 cm, buscando de esta manera tener diámetros más semejantes a los obtenidos en turno final.

Cuadro N°24. Lista de Orígenes utilizados

SUBESPECIE	SEEDLOT	LOCALIDAD	LAT	LONG	ALT
<i>Maidenii</i> 3	17745	Bolaro Mountain NSW	35.40	150.2	380
<i>Maidenii</i> 7	17769	Yuramie Sf NSW	36.49	149.45	250
<i>Globulus</i> 9	16853	Otway State Forest VIC	38.45	143.29	260
<i>Globulus</i> 11	16851	Otway State Forest VIC	38.45	143.26	160
<i>Bicostata</i> 13	18264	Beechworth-Stanley VIC	36.23	146.42	750
<i>Bicostata</i> 14	16370	Mt. Strathbogie VIC	35.56	145.57	700

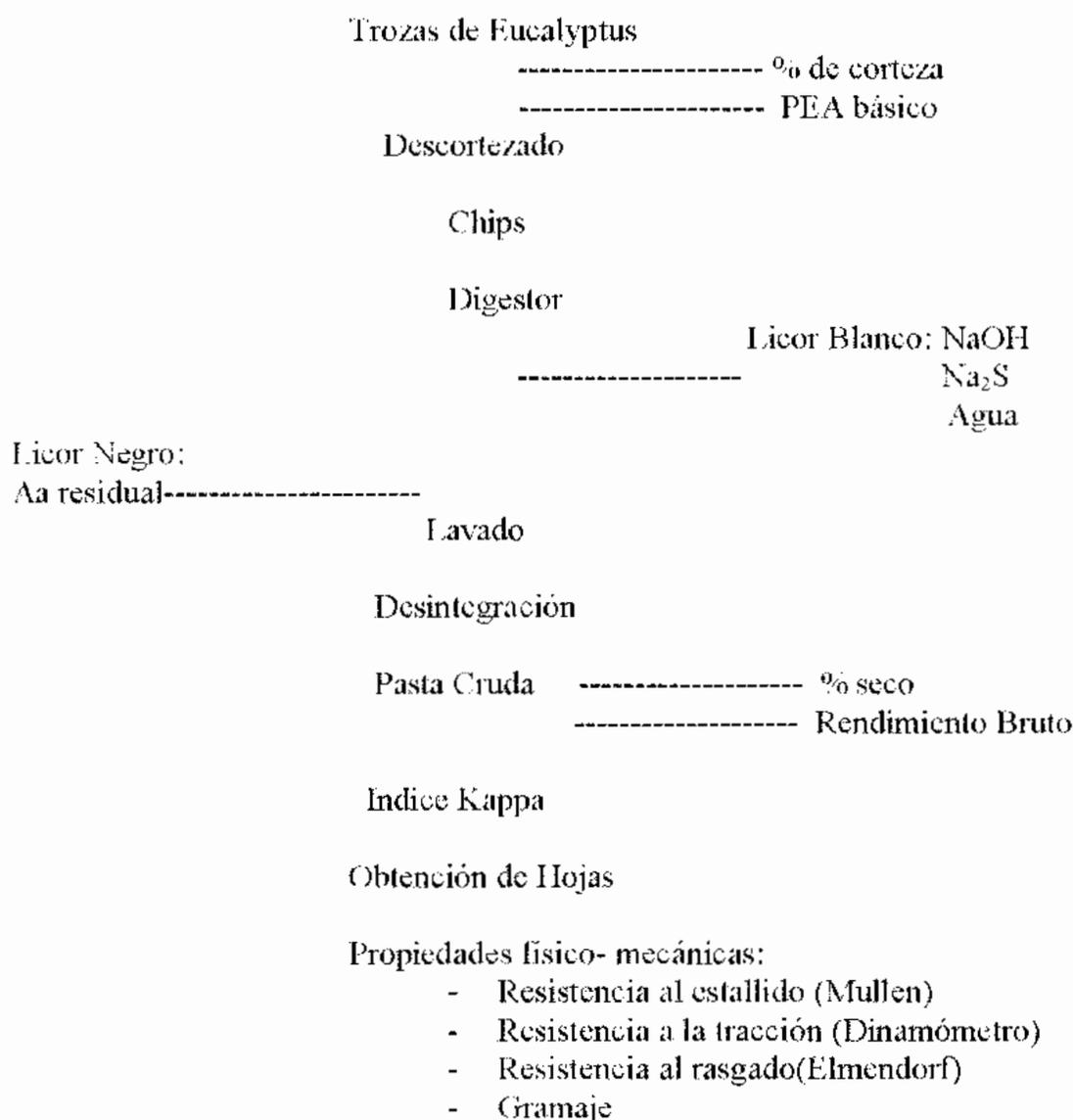
Fuente: INIA-TACUAREMBO (Setiembre 1999- elaboración propia)

B. DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA UTILIZADA

Los trabajos fueron realizados en el laboratorio de análisis de la firma PAMER S.A ubicado en la ciudad de Mercedes Departamento de Soriano.

A los efectos de comprender de manera mas práctica las tareas realizadas, en la figura N°5 se plantea un esquema indicando las diferentes etapas de la técnica experimental utilizada:

Figura N°5. Etapas de Laboratorio



1. Obtención de las trozas de madera

La metodología seguida para la obtención de las mismas, consistió en marcar tres trozas de 70 centímetros de largo cada una a diferentes niveles: la primera a la base, la segunda al 50% y por último a 75% de la altura comercial.

A través de esta metodología, se buscó evaluar todo el árbol con el fin de disminuir la variabilidad existente dentro del mismo para las distintas variables bajo estudio. Posteriormente las trozas fueron descortezadas manualmente.

2. Determinación del porcentaje de corteza

Una vez obtenidas las trozas, se procedió a cortar rodajas de aproximadamente 3-5 cm de espesor en uno de los extremos de las trozas con el fin de determinar el porcentaje de corteza de cada especie. Se obtuvieron dos mediciones perpendiculares del diámetro en cada una de ellas con y sin corteza. (Anexo N°1).

3. Determinación de la densidad de la madera

Entre las características de la madera que tienen influencia sobre las propiedades de la pulpa y el papel, la densidad básica ocupa un lugar preponderante, no solo porque es una variable de fácil determinación sino que además es una característica heredable (11).

Esta propiedad estima el rendimiento en pulpa a un número Kappa dado, y predice ciertas características físicas, tales como rugosidad superficial, resistencia a la tracción, a la explosión y al rasgado; por lo que su determinación es de suma importancia (11).

Para el cálculo de la misma, se utilizó el Calador de Pressler. A partir de las trozas obtenidas, fueron extraídos tarugos de manera que el largo de los mismos lograra alcanzar el centro de cada troza.

El método utilizado fue el de "*máximo tenor de humedad*" citado por Diana Smith (1954).

Para la determinación del peso específico aparente básico se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad} = \frac{1/(\text{peso húmedo} - \text{peso seco})}{\text{peso seco} + (1/1.53)} \quad \text{siendo } 1.53 \text{ la densidad de la madera sólida, (sin poros).}$$

En el Anexo N°2, se presentan los datos obtenidos para la densidad de la madera.

4. Obtención de Chips

Las trozas descortezadas fueron picadas en una chipeadora WIGGER de cuatro cuchillas, a un tamaño aproximado de 25-30 mm de largo, 15-20 mm de ancho y 3-5.0 mm de espesor.

Los chips obtenidos de los dos árboles por origen para cada una de las tres subespecies, se mezclaron y se colocaron dentro de una bolsa de nylon. Las mismas fueron cerradas herméticamente para evitar pérdidas en el contenido de humedad de los chips.

Una muestra de cada uno de los orígenes chipeados se destinó al análisis del contenido de humedad, mediante el secado en estufa a 100 ± 5 °C durante aproximadamente 24 horas, hasta lograr el peso constante de la muestra.

A partir de la división entre el peso seco de la muestra de chips y el peso verde de la misma llegamos a conocer la cantidad de agua presente en la madera.

5. Elaboración de Pastas

El propósito de la cocción de chips, es disolver la lignina y otras porciones no celulósicas de la madera que cementan las fibras entre sí.

Las condiciones de cocción fijadas para las tres subespecies, se encuentran especificadas en el cuadro siguiente:

Cuadro N°25. Condiciones de cocción utilizadas en el laboratorio de PAMER S.A

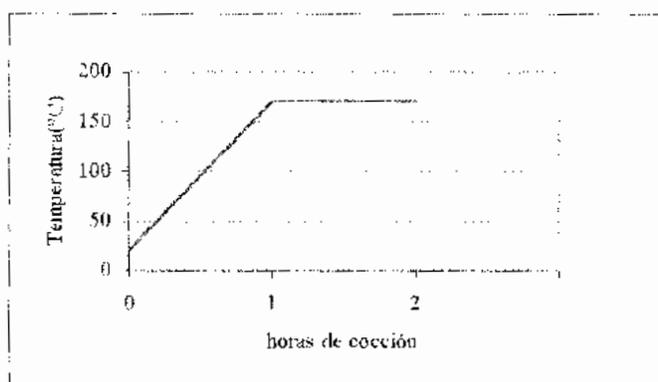
Alcali activo Aa (%) = $\text{NaOH} + \text{SNa}_2$	18% en equivalentes Na_2O
Sulfidez S (%) = SNa_2 / Aa	25 % en equivalentes Na_2O
Relación lejía/madera (l/kg.)	4:1
Temperatura máxima	165-170 °C
Tiempo hasta temp máxima	60 minutos
Tiempo a temp máxima	60 minutos
Tiempo total	120 minutos
Peso seco de la madera	1000 g
Ph del licor	13

Fuente: elaboración propia

En el Anexo N°3, se presentan las cantidades de astillas, productos químicos y agua que fueron necesarios en cada cocción. También se especifica las cantidades de pasta utilizadas en los distintos aparatos de laboratorio.

A continuación se presenta la gráfica que representa la curva teórica de cocción.

Figura N°6. Curva teórica de cocción



Fuente: elaboración propia

La cocción de la madera tiene dos etapas, la primera corresponde al tiempo de subida de la temperatura, llegándose a 170 °C en una hora, y la segunda denominada “período de cocción” manteniéndose la temperatura constante a 170 °C por una hora más.

Se realizaron cuatro cocciones para cada subespecie a los efectos de disminuir el error experimental, ya que es muy difícil mantener iguales condiciones de cocción en cada una de ellas y obtener pastas iguales (Anexo N°4).

Para la cocción de los chips, se utilizó un digestor o autoclave rotativo, con los siguientes datos técnicos:

- Capacidad: 20 litros
- Presión máxima de trabajo: 10 kg./cm², regulado por válvula de seguridad.
- Aislamiento térmico
- Termómetro de aguja con escala de 0 a 300 grados centígrados.
- Manómetro con escala de 0 a 10 kg./cm
- Motor eléctrico trifásico de 220 v

Una vez puesto en marcha, se procede a realizar las mediciones correspondientes de temperatura (°C) y presión (kg/cm²) cada cinco minutos. Con estos registros se obtendrán planillas de cocción que serán de gran utilidad a los efectos de comprender mejor el proceso (Anexo N°5).

El tiempo de cocción está relacionado con otras variables de la digestión, como la temperatura, cantidad, concentración de álcali activo y sulfidez del licor. Un aumento en cualquiera de estas variables disminuirá, dentro de ciertos límites, el tiempo requerido para cocinar una materia prima a un rendimiento y calidad especificada.

Con tal motivo se ha ideado un procedimiento para expresar el tiempo de cocción y la temperatura como una sola variable: "el factor H".

El *factor H* combina la temperatura y el tiempo de cocción en una sola variable. Cualquier combinación de tiempo de cocción y temperatura que de él mismo *factor H* origina pulpas similares. El *factor H* es de utilidad si se desea cambiar el tiempo de cocción en un digestor sin cambiar la pulpa resultante.

En el anexo N°6, se presentan las planillas de cálculo y resultados del *factor H*.

6. Tratamientos adicionales en las pastas

Después de completado el tiempo de cocción necesario, se procede a la desgasificación del digestor para posteriormente vaciar su contenido en un recipiente.

Luego se procede al lavado manual de la pasta, a los efectos de eliminar el licor residual que contaminaría las pulpas en etapas subsiguientes del proceso.

El lavado se realiza con agua sobre un tamiz donde se coloca el material extraído del digestor, siendo este de color oscuro debido a los productos químicos implicados en la cocción. El mismo finaliza cuando se observa un color claro en la pulpa y que el valor de pH obtenido no excediera de 8.

Cuando la pulpa ya está limpia, se escurre y mezcla acondicionándose en bolsas de nylon debidamente etiquetadas procediéndose a su pesada (peso húmedo).

Una muestra de la pasta fue colocada en estufa durante 24 horas para determinar el peso seco de la misma, a los efectos de determinar cual fue el rendimiento bruto obtenido para cada subespecie. La fórmula utilizada para su cálculo fue la siguiente:

$$\text{Rendimiento bruto en pasta (\%)} = \frac{\text{Peso seco de pasta}}{\text{Peso húmedo de pasta}} * 100$$

Tanto fibras individuales como el material más grueso (nudos y chips no cocidos) se cuantifican juntos para conocer su rendimiento bruto.

7. Preparación de la pasta para la fabricación del papel

a. Refinado

El primer efecto del refinado es la eliminación parcial de la pared primaria. La eliminación de la misma deja al descubierto la pared secundaria permitiendo la hidratación y flexibilidad de las fibras (15).

La acción posterior de la fibrilación es la liberación de las fibrillas y la producción de microfibrillas más finas en la superficie de las fibras, dando como resultado un sensible aumento de la superficie específica de las fibras refinadas (15).

Durante el refinado ocurre casi siempre algún acortamiento de las fibras, considerándose esto indeseable ya provoca un mayor drenaje y una pérdida de resistencia. A su vez mejora la formación de la hoja (15).

La pasta cruda húmeda se coloca en un refinador (Molino Lampen) a los efectos de acondicionar mecánicamente a las fibras para la fabricación del papel; a través de un trabajo de batido e hidratación y no de corte de la fibra.

En el interior de dicho aparato se encuentra una esfera metálica de 10 Kg que gira por intermedio de un motor eléctrico trifásico de 220 v, 1HP y transmisión por correa. El aparato está provisto de un cuenta revoluciones. La norma utilizada fue la AFNOR Q 50-001.

La intensidad del refinado de las pulpas fue de 10000 y 20000 r.p.m. para cada una de las cocciones realizadas de cada subespecie bajo estudio.

Como resultado de la refinación, se obtiene una mayor unión entre fibras obteniéndose hojas de papel más densas, aumentando la resistencia a la tracción y al reventamiento. También se observa que tanto la porosidad como la resistencia al rasgado disminuyen.

b. Drenabilidad de la pasta

Luego se midió el grado de refino de la pasta en estado natural, 10000 y 20000 revoluciones, mediante un aparato Schopper-Riegler.

El mismo mide la resistencia que ofrece la pasta al pasaje del agua; siendo esta determinada por el grado de unión de las fibras. Su función es controlar el grado de refino que presenta la pasta.

Para utilizar dicho aparato se necesitan 2 g de pasta cruda, teniendo en cuenta que la cantidad de pasta necesaria variara según la especie a ser utilizada.

Una vez determinada la cantidad necesaria, la pasta con el agua es depositada en el recipiente donde al provocar un desagüe rápido la malla metálica retiene las fibras. El filtrado colectado por el orificio lateral se mide en una probeta graduada en unidades ° SR. A modo de ejemplo una descarga de 1000 ml corresponde a 0 ° SR y una de 0 ml a 100 ° SR.

El método utilizado fue TAPPI 205-om-81.

8. Consumo de NaOH

Este ensayo se realiza como forma de verificar que el consumo de productos químicos durante la cocción no sea limitante. Es necesario que exista un exceso de álcali activo, ya que durante la deslignificación entre un 60 y 70% de la concentración de álcali activo esta destinada a reacciones parásitas, a mantener el ph alcalino (11-12) y al proceso de deslignificación.

Si el ph disminuye se da un aumento de la recondensación de la lignina, dificultando la posterior eliminación de la lignina condensada en las fibras y aumentando el porcentaje residual de la misma. También se aumenta el ataque hacia la celulosa, por lo tanto disminuye el rendimiento bruto en pasta, ocurriendo una degradación de la misma.

Para el calculo del mismo se utilizó una adaptación de la norma TAPPI T625 ts-63, procediéndose de la siguiente manera:

- 1) Tomar 25 ml de licor negro.
- 2) Agregar 100 ml de H₂O destilada.
- 3) Colocar el agitador magnético.
- 4) Colocar el electrodo de peachímetro.
- 5) Valorar con HCl 0.5 N.
- 6) Realizar una tabla, anotando ph inicial y el ph por cada ml agregado a la solución.
- 7) Agregar HCl hasta llegar a un ph de 4.5

Este procedimiento se repitió para las 12 cocciones realizadas, utilizándose para el calculo de consumo de NaOH (expresado como alcalinidad en g/l) la siguiente expresión:

$$VLN * NLN = VA * NA$$

Donde: VLN = volumen de licor negro (25 ml)
 NLN = normalidad del licor negro
 VA = volumen de HCl
 NA = normalidad de HCl (0.5 ml)

Despejando de la fórmula anterior:

$$NLN = VA * NA / VLN$$

Se utiliza como VA el gasto en el cual el ph del licor presenta un punto de inflexión el cual ronda los 8.5 de valor de ph. Por lo tanto la fórmula de alcalinidad es la siguiente:

$$\text{Alcalinidad (g/l de NaOH)} = NLN * 40$$

Observando las gráficas construidas para cada cocción de ph vs. consumo de HCl, se determina el punto donde el ph desciende bruscamente (valor de VA) para posteriormente calcular la alcalinidad en g/l.

En el Anexo N°7 se presentan los cálculos de alcalinidad en g/l de NaOH al igual que las tablas y gráficas obtenidas para cada una de las cocciones realizadas a las subespecies estudiadas.

9. Cálculo del Índice Kappa

El cálculo del Índice o número Kappa es una medida del contenido de lignina de una pasta dada. Se define como la cantidad de mililitros de solución de Permanganato de Potasio 0.1N consumidos por gramo de pasta, en las condiciones especificadas por la norma Francesa T 12-018 de junio de 1966.

El procedimiento comienza con la formación de una hoja de cualquier gramaje (solo para el cálculo del número kappa) en el aparato formador de hojas del tipo Rapid Koethen.

Dicha hoja se coloca en estufa durante 24 horas, se pesa 1 g. exactamente, en la balanza electrónica, se pone a licuar con 500 ml. de agua destilada durante un minuto a velocidad mínima. Pasar el líquido al matraz Erlenmeyer de 2000 ml, enjuagando el vaso de la licuadora con 300 ml mas de agua destilada (800 ml).

Agregar 100 ml de ácido sulfúrico aproximadamente 4 N. Colocar el agitador Stamo a velocidad mínima. Agregar 100 ml de Permanganato de Potasio 0.1 N con una pipeta aforada. En la mitad del agregado poner en marcha el cronómetro.

A los diez minutos exactos, agregar 20 ml de Yoduro de Potasio 166 g/l. Valorar con Tiosulfato de Sodio 0.1 N. Continuar hasta que desaparezca el color azul.

Si el consumo de Tiosulfato de Sodio no se encuentra entre 30 y 70 ml, el ensayo debería repetirse con una cantidad diferente de pasta; si se gasta menos de 30 ml habría que usar menos pasta y viceversa. Luego hacer un ensayo en blanco, o sea sin pasta, de la misma manera que el anteriormente mencionado para posteriormente efectuar los cálculos del Permanganato efectivamente consumido:

$$n = \frac{(V-v)t}{0.1}$$

Donde: V = consumo de Tiosulfato en el ensayo en blanco en ml
 v = consumo de Tiosulfato en el ensayo con pasta en ml
 t = normalidad de la solución de Tiosulfato (0.1)
 n = consumo de Permanganato en ml

$$\text{Indice Kappa: } IK = \frac{n \cdot d}{E}$$

Donde: d = factor de corrección (sacado de tablas)
 E = peso de la pasta

$$\text{Por lo tanto: } IK = \frac{(V-v)}{E}$$

10. Formación del Papel

Luego de refinadas las pastas, antes de proceder a la formación del papel en el aparato formador de hojas del tipo Rapid Koethen, y para lograr la desintegración total del material se utilizó un desintegrador de vaso de laboratorio.

Se dice que una pasta se desintegra cuando se la somete a una acción mecánica en agua para separar las fibras entre sí, sin que esto provoque cambios apreciables en su estructura.

La norma utilizada en la formación del papel es la TAPPI 205-om-58. Mediante este método se forman hojas de 60 g/m² (peso: 1.2 g, superficie: 200 cm²) sobre una tela metálica, teniendo la hoja formada un diámetro de 20 cm. Sobre estas hojas se realizaran los ensayos físico-mecánicos que se detallaran a continuación.

11. Ensayos físicos en papel

Los ensayos físicos realizados sobre papel, corresponden al estudio de algunas propiedades mecánicas y de resistencia que se detallaran a continuación.

Para la realización de los mismos, se toman cinco hojas lo suficientemente homogéneas para de esta manera obtener datos confiables. Se cortan por la mitad, utilizándose cinco tiras en el Dinamómetro, cinco de las mitades para los ensayos a ser realizados en Mullen, cuatro para Elmendorf y una para la Porosidad.

a. Resistencia al estallido

Se determina sujetando una hoja de papel sobre un diafragma de goma, al que se le aplica una presión hidráulica a una velocidad específica, midiéndose el valor de la presión correspondiente a la rotura.

Cuando la hoja se rompe, la máxima presión alcanzada queda registrada por una aguja secundaria que es arrastrada por la aguja principal del manómetro.

Sobre la misma muestra de papel se realizaron tres repeticiones para luego promediarlas. El aparato utilizado es un Mullen Tester.

La norma que se sigue para la realización de dicho trabajo es TAPPI 403 m-53.

b. Índice de Estallido

Para la comparación estadística de los valores obtenidos, se calculó el factor Mullen o Índice de Estallido según la norma ISO 2758.

La fórmula aplicada fue la siguiente:

$$\text{Índice de Estallido} = \frac{\text{Mullen} * 100}{\text{Gramaje}}$$

$$\text{Gramaje} = \frac{\text{peso seco de las 5 tiras}/5}{0.0025*}$$

* área de la tira entre mordazas = 0.15*0.015

Dado que existe una relación directa entre el espesor del papel y la resistencia al estallido, a través del Índice de Estallido, se puede comparar resultados de papeles con diferente gramaje, uniformizando los resultados mediante una ponderación.

c. Resistencia a la tracción

La misma se determina midiendo la fuerza requerida para romper una tira estrecha de papel, cuando la longitud de la misma y la velocidad de carga son perfectamente conocidas.

Esta característica del papel es muy importante, sobre todo en papeles destinados a la impresión en máquinas rotativas, donde los mismos son sometidos a fuerzas de tracción en el proceso de impresión.

En su forma perfecta de ejecución todas las fuerzas de tracción externas deben tener la misma intensidad y actúan paralelamente al plano del papel. Bajo estos parámetros, la resistencia medida dependerá primariamente de las fuerzas de adhesión, las cuales son condicionadas por la calidad de la fibra, la densidad y la disposición de ellas en la estructura fibrosa, como también en su largo.

El aparato utilizado es un Dinamómetro siendo la norma TAPPI 494 os-70 la utilizada.

d. Elongación

Esta característica del papel, también llamada elasticidad, es la deformación que sufre una hoja de papel por efecto de la fuerza de tracción.

Este estiramiento se expresa en porcentaje, utilizándose para su determinación el mismo aparato anteriormente descrito.

e. Resistencia al rasgado

Dicha propiedad, junto con la resistencia a la tracción, nos da una idea sobre la resistencia mecánica que el papel presenta.

La resistencia al rasgado se determina utilizando un péndulo de caída para continuar el rasgado, ya iniciado, en una muestra de papel; la pérdida de energía (medida por la altura de oscilación del péndulo) está relacionada con la fuerza requerida para continuar el rasgado. Se utilizó el equipo Elmendorf descrito en el método TAPPI 414 ts-65.

Los trozos de papel se fijan en unas mordazas, se libera el freno, para permitir el movimiento del péndulo, registrándose el esfuerzo necesario para rasgar el papel en una aguja presente en la parte móvil del aparato.

f. Índice de Rasgado

Se aplicó el factor Elmendorf o Índice de Rasgado según la norma ISO 1974. Este factor permite la comparación de resultados en papeles de diferente gramaje, es decir que cumple la misma función que el Índice de Estallido. La fórmula utilizada fue la siguiente:

$$\text{Índice de rasgado} = \frac{\text{Resistencia al rasgado} * 100}{\text{Gramaje}}$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

A. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

1. Porcentaje de corteza

La determinación del mismo es de suma utilidad a los efectos de la realización de inventarios; contando con este valor de antemano se evita la necesidad de efectuar mediciones de corteza en el terreno, simplificando en gran medida el trabajo de campo.

~ Cuadro N°26. Porcentaje de Corteza

Subespecie	% Medio de Corteza
<i>E. globulus</i>	15.5
<i>E. maidenii</i>	20.4
<i>E. bicostata</i>	20.6

Como se observa en el cuadro N°26, *Eucalyptus globulus ssp. maidenii* y *Eucalyptus globulus ssp. bicostata* presentan valores de porcentaje de corteza del orden del 20%, mientras que *Eucalyptus globulus ssp. globulus* presenta un valor inferior al anterior.

2. Rendimiento bruto en pasta

En el cuadro siguiente se presentan los resultados obtenidos para este trabajo del peso específico aparente básico y rendimiento bruto en pasta: ambas características fueron estudiadas en conjunto ya que la primera influye en el rendimiento en pasta a un número Kappa determinado (5,14).

Por lo expuesto anteriormente, la discusión de los resultados se hará con los resultados de aquellos autores que trabajaron con condiciones similares a las utilizadas en este trabajo.

Cuadro N°27. Resultados obtenidos para el peso específico aparente básico y rendimiento bruto en pasta

Subespecie	PEA básico medio (g/cm ³)	Rendimiento bruto medio (%)
<i>E. globulus</i>	0.53	53.0
<i>E. maidenii</i>	0.58	56.0
<i>E. bicostata</i>	0.55	49.8

A partir del cuadro anterior se observa que para *Eucalyptus globulus ssp. globulus*, a un número Kappa de 23,5, peso específico aparente básico de 0.53 g/cm³ se obtuvo un rendimiento bruto en pasta de 53%.

Repetti (9), obtuvo para *Eucalyptus globulus ssp. globulus* de la serie A, valores de rendimiento bruto en pasta similar a los presentados en este trabajo para un número Kappa de 25.1 y una densidad básica de 0.546 g/cm³. Dichos valores corresponden a árboles que presentaban cuatro años más de edad que los utilizados en este trabajo.

Bustamante (1), presentó para *Eucalyptus globulus ssp. globulus*, un rendimiento bruto en pasta mayor al obtenido en este trabajo, siendo el mismo de 56.26% para un número Kappa de 26.6 y densidad básica de 0.478 g/cm³.

En lo que respecta a *Eucalyptus globulus ssp. maidenii*, a un número Kappa de 22.9, peso específico aparente básico de 0.58 g/cm³ se obtuvo un rendimiento bruto en pasta de 56%.

García de León (5), para *Eucalyptus globulus ssp. maidenii* a un número Kappa de 20, obtuvo una densidad básica menor a los presentados en este trabajo, siendo la misma de 0.555 g/cm³. El rendimiento clasificado obtenido por dicho autor fue de 49%, con un 0.2 % de rechazo, por lo tanto los valores de rendimiento bruto en pasta serían menores a los presentados en nuestro trabajo.

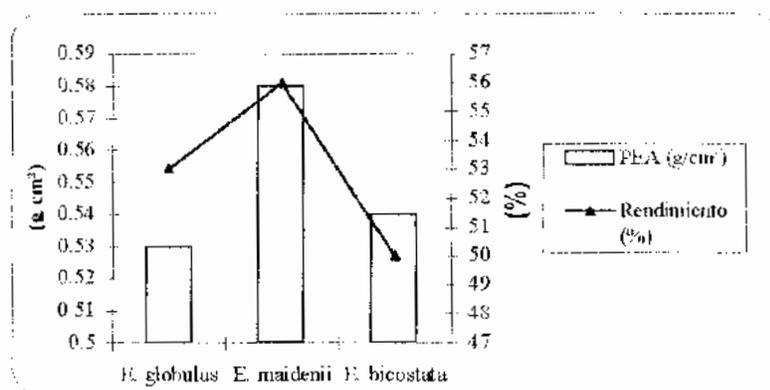
Bustamante (1), presenta datos de rendimiento bruto en pasta y densidad básica para *Eucalyptus globulus ssp. maidenii*, menores a los obtenidos en este trabajo; 50% y 0.498 g/cm³ respectivamente.

Para el caso de *Eucalyptus globulus ssp. bicostata*, a un número Kappa de 28.2, peso específico básico de 0.55 g/cm³ se obtuvo un rendimiento bruto en pasta de 49.8%.

Ferrari (4), presentó datos para la densidad básica en *Eucalyptus globulus ssp. bicostata* menores a los obtenidos en este trabajo, siendo dicho valor de 0.507 g/cm^3 . Hay que tener en cuenta que dicho autor trabajó con árboles de cuatro años de edad.

En el gráfico siguiente, se presentan los datos obtenidos de peso específico aparente y rendimiento bruto en pasta para *Eucalyptus globulus ssp. globulus*, *Eucalyptus globulus ssp. maidenii* y *Eucalyptus globulus ssp. bicostata*.

Figura N°7. Peso específico aparente y Rendimiento bruto en pasta para las tres subespecies



A pesar que del análisis estadístico no se observaron diferencias estadísticas significativas entre las tres subespecies para la variable rendimiento bruto en pasta a un nivel de significancia del 10% (cuadro N°33), existe una tendencia que *Eucalyptus globulus ssp. maidenii*, presente un rendimiento bruto en pasta mayor que las restantes subespecies (figura N°7).

3. Índice Kappa y Consumo de reactivos

El consumo de reactivo fue analizado como forma de verificar que el consumo de productos químicos durante la cocción se encontrara dentro de un rango aceptable; es decir un valor que no causara la degradación de la celulosa pero que a su vez no fuera excesivamente alto.

Se busca que este valor no sea superior a 25 g/l de NaOH ni tampoco 0, por lo tanto los resultados obtenidos en este trabajo para las tres subespecies se encuentran dentro del rango anteriormente citado (cuadro N°28).

Cuadro N°28. Resultados obtenidos del Indice Kappa y Alcalinidad residual

Subespecie	Kappa	Alcalinidad residual (g /l NaOH)
<i>E. globulus</i>	23.6	24.6
<i>E. maidenii</i>	22.9	11.1
<i>E. bicostata</i>	28.2	22.4

A partir del cuadro anterior, se observa que *Eucalyptus globulus ssp. maidenii* presenta mayor consumo de reactivos.

En cuanto al Indice Kappa, se observa que tanto *Eucalyptus globulus ssp. globulus* como *Eucalyptus globulus ssp. maidenii*, presentan valores promedios dentro de un rango previsto de 18 a 25.

En el caso de *Eucalyptus globulus ssp. bicostata*, presenta un valor de Indice Kappa superior al rango preestablecido. Esto se debe a que en la cocción del origen 18264 (*E. bicostata* 13) no se logro llegar a un grado de deslignificación inferior a 30, produciéndose con esto un incremento del valor promedio de Indice Kappa de dicha subespecie.

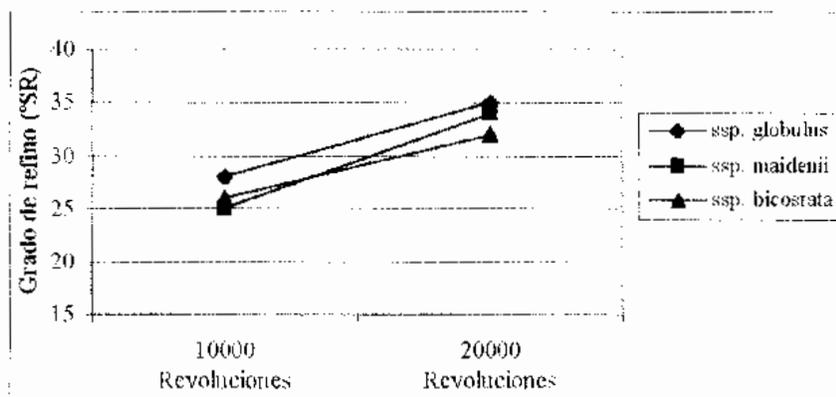
No se conocen las causas por las cuales no se pudo disminuir el grado de deslignificación de la pasta, pero se observó que esto no influyó en las propiedades físico-mecánicas del papel (cuadros N°29,30,31 y 32).

4. Propiedades físico-mecánicas en el papel

Las pastas obtenidas a partir de la utilización de madera de *Eucalyptus*, se caracterizan por presentar una gran facilidad y rapidez de refino (9,12,14).

En la figura N°8, se presentan los resultados obtenidos de °SR en función del número de revoluciones (10000 y 20000 Molino Lampen) para *Eucalyptus globulus ssp. globulus*, *Eucalyptus globulus ssp. maidenii* y *Eucalyptus globulus ssp. bicostata*.

Figura N°8. Grado de refino en función del número de revoluciones para las tres subespecies (10000 y 20000 Molino Lampen)



A partir del gráfico anterior, se observa que *Eucalyptus globulus ssp. globulus* presenta los mayores valores de grado de refino, siendo los mismos de 28 °SR y 35°SR para 10000 y 20000 revoluciones respectivamente.

Para *Eucalyptus globulus ssp. maidenii* a 10000 revoluciones el valor de grado de refino, de 25°SR; es similar al obtenido para pastas de *Eucalyptus globulus ssp. bicostrata* para el mismo número de revoluciones.

En cambio para 20000 revoluciones *Eucalyptus globulus ssp. globulus* presenta valores levemente mayores, 35 °SR, que los obtenidos para *Eucalyptus globulus ssp. bicostrata* y *Eucalyptus globulus ssp. maidenii*.

Las propiedades de resistencia de las pastas, están dadas según el grado de refinación, mejorándose con el mismo la unión interfibrilar, además de aumentar el número de finos en la pasta (1,2,5,8,9,12).

Se observó, que a medida que aumenta el grado de refino de las pastas, aumentan tanto los valores de Índice de Estallido como Largo de Ruptura (1,2,5,9,12).

a. Índice de Rasgado

En el caso del Índice de Rasgado, la longitud media de las fibras es de gran importancia. A medida que el grado de refino aumenta, el porcentaje de finos en la pasta también se ve incrementado a causa del corte de las fibras; por lo tanto la resistencia al rasgado disminuye (1,2,9,12).

En el siguiente cuadro se presentaran los resultados obtenidos para el Índice de Rasgado, a partir de las tres subespecies estudiadas.

Cuadro N°29. Resultados obtenidos de Índice de Rasgado para *Eucalyptus globulus ssp. globulus*, *Eucalyptus globulus ssp. maidenii* y *Eucalyptus globulus ssp. bicostata*

	<i>E. globulus</i>		<i>E. maidenii</i>		<i>E. bicostata</i>	
	10000	20000	10000	20000	10000	20000
Revoluciones						
°SR	28	35	25	34	26	32
I.Rasgado(mNm ² /g)	10.19	10.21	10.24	10.79	8.75	10.44

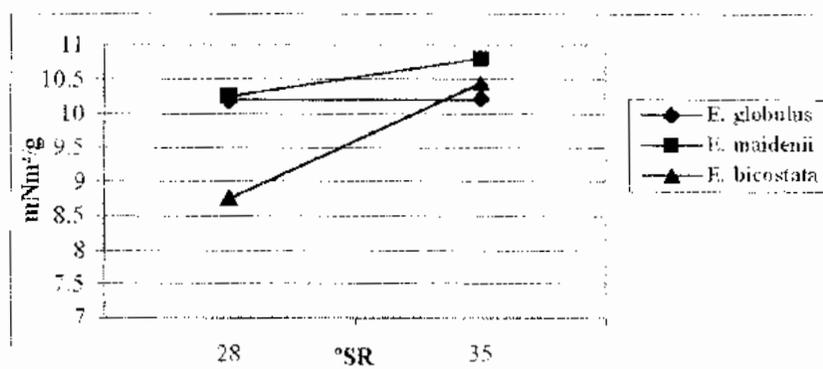
A partir del cuadro anterior, se observa que para las tres subespecies en estudio, a mayor grado de refino, el valor de Índice de Rasgado aumenta.

Sería necesario realizar diferentes intensidades de refino con el fin de trazar una curva de tal manera que nos indique a partir de que grado de drenaje (°SR), la resistencia al rasgado comenzaría a disminuir.

García de León (5), establece para *Eucalyptus globulus ssp. maidenii*, que a medida que el grado de refino pasa de 25 a 35°SR, el valor del Índice de Rasgado aumenta (cuadro N°7). Los valores presentados por este autor, son inferiores que los obtenidos en este trabajo, pudiéndose explicar este comportamiento por trabajar con árboles jóvenes, cuya longitud media de fibras aún no es la más adecuada.

Bustamante (1) para *Eucalyptus globulus ssp. maidenii*, al aumentar el grado de refino pasando de 30 a 45°SR se observa un aumento en esta variable (cuadro N°19). En cuanto a *Eucalyptus globulus ssp. globulus*, a medida que el grado de refino aumenta de 30 a 45°SR, el valor que adopta la variable Índice de Rasgado se ve disminuido, debido a un acortamiento de las fibras (cuadros N°21, N°23).

Figura N°9. Índice de Rasgado para *Eucalyptus globulus ssp. globulus*, *Eucalyptus globulus ssp. maidenii* y *Eucalyptus globulus ssp. bicostata*



El análisis estadístico no presenta diferencias estadísticamente significativas entre las tres subespecies para Índice de Rasgado y número de revoluciones (cuadro N°34).

A pesar de esto, existe una tendencia para *Eucalyptus globulus ssp. maidenii*, a medida que se incrementa el grado de refinado, pasando de 25 a 34 °SR, presenta valores ligeramente superiores de Índice de Rasgado que los registrados por las otras subespecies (figura N°9). Esto concuerda con lo establecido anteriormente por Bustamante (1), en el cuadro N°19.

b. Índice de Estallido

En el siguiente cuadro se presentan los resultados obtenidos para Índice de Estallido, en las tres subespecies estudiadas.

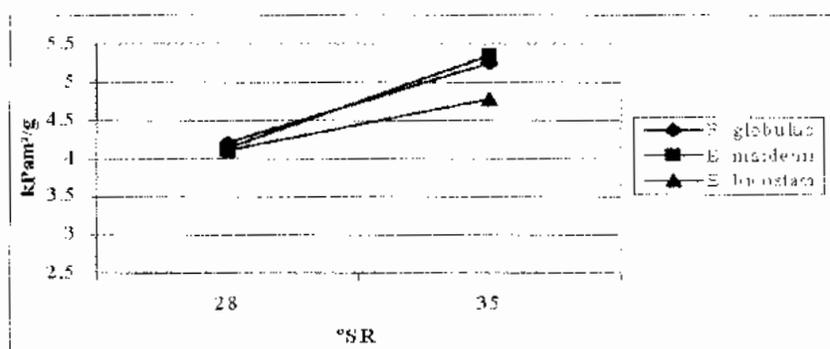
Cuadro N°30. Resultados obtenidos de Índice de Estallido para *Eucalyptus globulus ssp. globulus*, *Eucalyptus globulus ssp. maidenii* y *Eucalyptus globulus ssp. bicostata*

	<i>E. globulus</i>		<i>E. maidenii</i>		<i>E. bicostata</i>	
	10000	20000	10000	20000	10000	20000
Revoluciones						
°SR	28	35	25	34	26	32
I.Estallido (kPam²/g)	4.21	5.25	4.13	5.35	4.11	4.77

A partir del cuadro anterior, se observa que para las tres subespecies, a mayor grado de refinado, el valor de Índice de Estallido aumenta; lo cual concuerda con lo establecido en el análisis estadístico (cuadro N°35).

Valente (14), establece para *Eucalyptus globulus ssp. globulus* que a mayor grado de refinado, de 24 a 48.5°SR, el valor del Índice de Estallido aumenta, siendo dicho aumento menor a medida que aumenta la densidad de la madera (cuadro N°2).

Figura N°10. Índice de Estallido para *Eucalyptus globulus ssp. globulus*, *Eucalyptus globulus ssp. maidenii* y *Eucalyptus globulus ssp. bicostata*



En el análisis estadístico no se observaron diferencias estadísticamente significativas en las tres subespecies para la variable Índice de Estallido (cuadro N°35).

A pesar de esto, existe una tendencia resultante de los datos obtenidos en el trabajo, que *Eucalyptus globulus ssp. globulus* y *Eucalyptus globulus ssp. maidenii* presentan valores ligeramente mayores para Índice de Estallido a medida que aumenta el grado de refinado, con respecto a los obtenidos para *Eucalyptus globulus ssp. bicostata* (figura N°10).

c. Largo de Ruptura

En el siguiente cuadro se presentaran los resultados obtenidos para Largo de Ruptura, a partir de las tres subespecies estudiadas.

Cuadro N°31. Resultados obtenidos de Largo de Ruptura para *Eucalyptus globulus ssp. globulus*, *Eucalyptus globulus ssp. maidenii* y *Eucalyptus globulus ssp. bicostata*

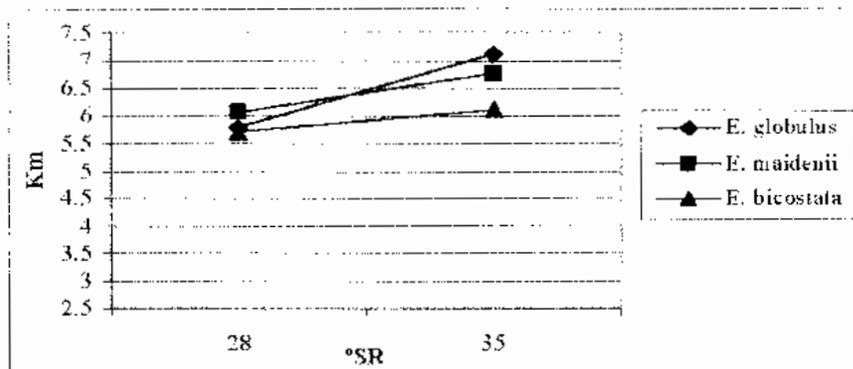
	<i>E. globulus</i>		<i>E. maidenii</i>		<i>E. bicostata</i>	
	10000	20000	10000	20000	10000	20000
Revoluciones	10000	20000	10000	20000	10000	20000
°SR	28	35	25	34	26	32
Largo Ruptura (Km)	5.798	7.103	6.065	6.765	5.700	6.115

A partir del cuadro anterior, se observa que para las tres subespecies en estudio, a mayor grado de refino, el valor de Largo de Ruptura aumenta; lo cual concuerda con lo establecido en el análisis estadístico (cuadro N°36).

Bustamante (1), obtuvo para *Eucalyptus globulus ssp. globulus* y *Eucalyptus globulus ssp. maidenii*, para un grado de refino de 30°SR, valores superiores a los presentados en este trabajo.

Este comportamiento se puede deber a que el autor trabajó con árboles de menor densidades que los utilizados en este trabajo. A medida que la densidad de la madera aumenta, la unión entre fibras es más débil, produciendo en el papel una disminución en la resistencia a la tracción.

Figura N°11. Largo de Ruptura para *Eucalyptus globulus ssp. globulus*, *Eucalyptus globulus ssp. maidenii* y *Eucalyptus globulus ssp. bicostata*



En el análisis estadístico no se observaron diferencias estadísticamente significativas en las tres subespecies para la variable Largo de Ruptura (cuadro N°37).

A pesar de esto, existe una tendencia que resulta de los datos obtenidos en el trabajo, tanto para *Eucalyptus globulus ssp. globulus* y *Eucalyptus globulus ssp. maidenii*, de valores mayores para Largo de Ruptura a medida que aumenta el grado de refino, en comparación a los obtenidos para *Eucalyptus globulus ssp. bicostata* (figura N°11).

$$d. \text{Indice} = \sqrt{I.\text{Rasgado} + I.\text{Estallido}}$$

Para mejor caracterización de los resultados obtenidos, se estableció la variación del producto $\sqrt{I.\text{Rasgado} + I.\text{Estallido}}$, el cual permite observar el óptimo desarrollo de las características mecánicas principales del papel.

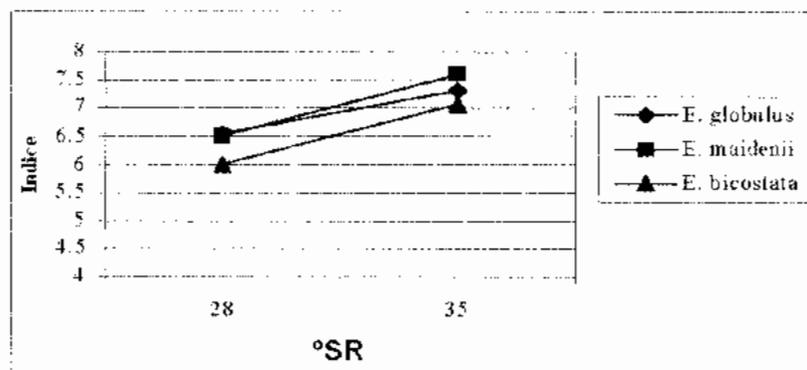
Este parámetro es fácilmente controlado por el drenaje de la pasta en estado húmedo, puesto que su óptimo corresponde exactamente para el caso de pastas que en el refinado presentan puntos críticos de desgote (3).

Cuadro N°32. Resultados de $\text{Indice} = \sqrt{I.\text{Rasgado} + I.\text{Estallido}}$ para *Eucalyptus globulus ssp. globulus*, *Eucalyptus globulus ssp. maidenii* y *Eucalyptus globulus ssp. bicostata*

	<i>E. globulus</i>		<i>E. maidenii</i>		<i>E. bicostata</i>	
Revoluciones	10000	20000	10000	20000	10000	20000
°SR	28	35	25	34	26	32
Indice	6.5	7.4	6.5	7.6	6.0	7.1

A partir de correlacionar el cuadro anterior con los cuadros N°29 y 30, se verificó la superioridad de *Eucalyptus globulus ssp. globulus* y *Eucalyptus globulus ssp. maidenii* frente a *Eucalyptus globulus ssp. bicostata* para 10000 y 20000 revoluciones (figura N°12). Por lo tanto el cuadro N°32 parecería confirmar que estas dos subespecies presentan mejores propiedades físico-mecánicas en el papel ensayado en este trabajo.

Figura N°12. Resultados de $\text{Indice} = \sqrt{I.\text{Rasgado} + I.\text{Estallido}}$ para *Eucalyptus globulus ssp. globulus*, *Eucalyptus globulus ssp. maidenii* y *Eucalyptus globulus ssp. bicostata*



B. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

A través del análisis estadístico lo que se busca determinar es la existencia o no de diferencias entre las subespecies para las variables rendimiento bruto de pulpa, Índice de Estallido, Índice de Rasgado y Largo de Ruptura.

1. Rendimiento bruto en pasta

Se realizó el análisis de varianza (ANAVA) para la variable rendimiento bruto en pasta. Cada tratamiento está constituido por las tres subespecies; cada uno está repetido cuatro veces, ya que existen dos orígenes por subespecie y a su vez a cada uno de ellos se le realizaron dos cocciones. Esta variable presenta un total de doce observaciones.

Cuadro N°33. Análisis de Varianza para la variable Rendimiento bruto en pasta

F. de Variación	G de L	C.M	F	Pr > F
Subespecie	2	38.19803333	2.94	0.1041
Error	9	12.99066944	-	-
Total	11	-	-	-
		C.V	Rend bruto medio	
		6.808300	52.93917	

A través del Análisis de Varianza podemos observar que las diferencias entre subespecies no son significativas al 5 % ya que se obtuvo una probabilidad de rechazar H_0 por error de 0.1041.

Como se observa en el cuadro N°33, el resultado obtenido para el coeficiente de variación fue bajo.

2. Propiedades físico- mecánicas en el papel

Se realizó un análisis factorial con seis tratamientos. Los mismos se forman a partir de subespecie x número de revoluciones (10000 y 20000).

A su vez cada *tratamiento* está repetido cuatro veces, teniendo dos orígenes cada uno con 10000 y 20000 revoluciones por subespecie. En total se trabajó con veinticuatro observaciones.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en cada una de las tres propiedades físico-mecánicas estudiadas para *Eucalyptus globulus ssp. globulus*, *Eucalyptus globulus ssp. maidenii* y *Eucalyptus globulus ssp. bicostata*.

a. Índice de Rasgado

Cuadro N°34. Análisis de Varianza para la variable Índice de Rasgado

F. de Variación	G de L	C.M	F	Pr > F
Subespecie	2	0.38045417	0.05	0.9473
Revoluciones	1	3.39753750	0.49	0.4950
Subespecie * Revoluciones	2	1.45178750	0.21	0.8147
Error	18	7.00194306	-	-
Total	23	-	-	-
		C.V	Índice Rasgado medio	
		25.77074	10.26792	

A partir del ANAVA se pudo determinar que no existió interacción subespecie * revoluciones. Tampoco se encontró efecto ni de subespecie ni de número de revoluciones para la variable Índice de Rasgado.

El alto valor de coeficiente de variación puede enmascarar posibles efectos de los factores considerados. Pueden haber factores considerados en el experimento que generan la alta variabilidad los cuales deberían ser identificados.

b. Índice de Estallido

Cuadro N°35. Análisis de Varianza para la variable Índice de Estallido

F. de Variación	G de L	C.M	F	Pr > F
Subespecie	2	0.23612917	0.53	0.5999
Revoluciones	1	5.67453750	12.63	0.0023
Subespecie * Revoluciones	2	0.16503750	0.37	0.6976
Error	18	0.44917361	-	-
Total	23	-	-	-
		C.V	Índice Estallido medio	
		14.46874	4.632083	

En el cuadro anterior se observa que no hay interacción subespecie * revoluciones para la variable Índice de Estallido. Solo se observa diferencias significativas en el efecto principal de las revoluciones a favor del mayor grado de refinado.

Cuadro N°36. Nivel de revoluciones para la variable Índice de Estallido

Revoluciones	N	Media	DS
10000	12	4.14583333	0.70907697
20000	12	5.11833333	0.55241344

A medida que se aumenta el número de revoluciones en el refinado, de 10000 a 20000 r.p.m., la resistencia al estallido aumenta un 23.5% para todas las subespecies.

c. Largo de Ruptura

Cuadro N°37. Análisis de Varianza para la variable Largo de Ruptura

F. de Variación	G de L	C.M	F	Pr > F
Subespecie	2	0.73745000	1.51	0.2481
Revoluciones	1	3.90426667	7.98	0.0112
Subespecie * Revoluciones	2	0.41311667	0.84	0.4461
Error	18	0.48919167	-	-
Total	23	-	-	-
		C.V	Largo Ruptura medio	
		11.17735	6.257500	

Se puede observar a partir del ANAVA que no existe interacción subespecie * revoluciones para la variable Largo de Ruptura entre las tres subespecies.

Para el caso de número de revoluciones se observan diferencias significativas. Esto quiere decir que a medida que el número de revoluciones aumenta, existen diferencias en los resultados obtenidos para la variable Largo de Ruptura.

El resultado observado para el coeficiente de variación se encuentra dentro de lo esperado.

Cuadro N°38. Nivel de revoluciones para la variable Largo de Ruptura

Revoluciones	N	Media	DS
10000	12	5.85416667	0.80614073
20000	12	6.66083333	0.59985541

A medida que se aumenta el número de revoluciones en el refinado, de 10000 a 20000 r.p.m., la resistencia a la tracción aumenta un 13.8% para todas las especies.

V. CONCLUSIONES

A partir de este trabajo se pudieron extraer las siguientes conclusiones:

- Para la variable rendimiento bruto en pasta, no existieron diferencias estadísticas significativas entre *Eucalyptus globulus ssp. globulus*, *Eucalyptus globulus ssp. maidenii* y *Eucalyptus globulus ssp. bicostata*. A pesar de esto, existe una tendencia para *Eucalyptus globulus ssp. maidenii* de presentar valores mayores de rendimiento bruto en pasta por presentar madera de mayor peso específico aparente básico (cuadro N°27).
- No se encontraron diferencias estadísticamente significativas para las tres propiedades físico-mecánicas estudiadas (I Rasgado, I Estallido y Largo de Ruptura) entre *Eucalyptus globulus ssp. globulus*, *Eucalyptus globulus ssp. maidenii* y *Eucalyptus globulus ssp. bicostata*.
- Para la resistencia al rasgado, no se observó efecto del refinado en las tres subespecies sobre dicha propiedad (cuadro N°34).
- Se comprobó que a medida que el grado de refinado aumenta, de 25 a 35 °SR, la resistencia al estallido aumenta un 23.5% para las tres subespecies bajo estudio (cuadro N°36).
- Con respecto a la resistencia a la tracción, se observó que a medida que se incrementa el grado de refinado, de 25 a 35 °SR, la resistencia en el papel aumenta un 13.8% para las tres subespecies (cuadro N°38).
- Los resultados obtenidos tanto para Índice de Estallido como Largo de Ruptura concuerdan con lo establecido en la revisión bibliográfica, no ocurriendo lo mismo para la variable Índice de Rasgado.
- Es necesario caracterizar las propiedades anatómicas (largo, ancho de fibra y espesor de la pared), la composición química de la madera y sus principales componentes (celulosa, lignina y extractos solubles); como también estudiar las viscosidades de las tres subespecies para poder obtener de esta manera un análisis más completo acerca de las propiedades papeleras de las pulpas bajo estudio.
- Por otro lado, teniendo en cuenta que dichas subespecies tienen como destino principal la fabricación de papeles con suficiente resistencia como para ser utilizados en impresión a alta velocidad, hubiera resultado conveniente observar su comportamiento en el blanqueo.

VI. RESUMEN

En el presente trabajo se evalúa la aptitud papelera de tres subespecies de *Eucalyptus*; *Eucalyptus globulus* Labill ssp. *globulus*, *Eucalyptus globulus* Labill ssp. *maidenii* (F.Muell.)Kirkpatrick y *E globulus* ssp. *bicostata* (Maiden, Blakely et Simmons) Kirk.

Para la determinación de la misma se realiza el análisis tanto de las pastas Kraft logradas como de las características físico-mecánicas del papel obtenido.

Se comparan los resultados de densidad de la madera, % de corteza, rendimiento bruto en pasta, número Kappa, consumo de reactivo, grado de refinado (°SR), Índice de Rasgado, Índice de Estallido y Largo de Ruptura para las tres subespecies bajo estudio.

Se concluye que no existen diferencias estadísticamente significativas entre *Eucalyptus globulus* Labill ssp. *globulus*, *Eucalyptus globulus* Labill ssp. *maidenii* (F.Muell.)Kirkpatrick y *E globulus* ssp. *bicostata* (Maiden, Blakely et Simmons) Kirk. para las propiedades físico-mecánicas (I. Rasgado, I. Estallido y Largo de Ruptura) al igual que para el rendimiento bruto en pasta.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. BUSTAMANTE, I.; SANTOS, J.A. 1983. Aptitudes de diferentes especies del género *Eucalyptus* como materia prima celulósica. Madrid, Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. 378 p.
2. CARRIQUIRY, J., 1993. Aptitud papelera en tres especies de *Eucalyptus* (*E. viminalis*, *E. globulus*, ssp *maidenii*). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 66 p.
3. DE MEJIO, J.C; FERNANDEZ, R. 2000. Aptitud papelera en 4 especies de *Eucalyptus* (*E. grandis* W.Hill ex Maiden, *E. dunnii* Maiden, *E. viminalis* Labillardière y *E. badjensis* Beuzev& Welch). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 71 p.
4. FERRARI, G.; MUGHINI, G. 1995. Variation of Growth and Wood Quality Traits in Provenances of some *Eucalyptus* Species in Italy. In *Eucalyptus Plantations: Improving Fibre Yield and Quality*. Centro di Sperimentazione Agricola e Forestale. Roma. pp 35-39.
5. GARCIA DE LEON, J.P. 1998. Pulp and paper properties of four-year old eucalyptus trees for early species selection. In Proceedings, (52nd 98, Finlandia), APPITA. pp.
6. HIGGINS, H.G. 1984. Pulp and paper. In *Eucalyptus for wood production*. W.E. Hillis and A.G. Brown. CSIRO press. Melbourne. pp 290-316.
7. LAVEZZO, E.; DUEÑAS, R.; SAUCEDO, J.; PRADO, J. 1998. Evaluación de *Eucalyptus* procedentes de plantaciones técnicas para la producción de pulpa papelera.
8. REINOSO, E., 1981, Utilización de las pastas de eucalipto en la fabricación del papel. In *II Congreso Latinoamericano de Celulosa y Papel* (1981, Torremolinos, España). pp 183-202.
9. REPETTI, R., 1990. Aptitud tecnológica de los eucalyptus: *E. globulus*, *E. viminalis*, *E. saligna* y *E. grandis* para su utilización en la elaboración de pastas kraft. In *Jornadas sobre eucalyptos para la región pampeana* (1990, Buenos Aires, Argentina). Centro de Investigación y de celulosa y papel (CICELPA). pp 220-229.

10. SMOOK, G.A.1990. Manual para técnicos de pulpa y papel. TAPPI. Georgia, Editorial Atlanta. 369 p.
11. SPARNOCHIA, L. 1990. Estudio preliminar de la aptitud papelera de *Eucalyptus dunii* comparado con *Eucalyptus grandis*. In Jornadas sobre *Eucalyptus* para la región pampeana (1990, Buenos Aires, Argentina). CICEI.PA. pp 201-209.
12. TORRES MATOS, I. ; CASTRO AMARAL, J.L. 1981. Utilização de fibra de Eucalipto na produção de kraftliner. In Congreso Latinoamericano de Celulosa y Papel, (II, 1981, Torremolinos) Malaga, España. pp 43-51.
13. TORRES, M; RODRIGUEZ, S. 1991. Pulpage kraft con trozas de *Eucalyptus Labill* en diferentes diámetros. *Bosque*. 12(2): 65-68.
14. VALENTE, C.A.; MENDES, A.P.; FURTADO.F.P.; CARVALHO, de, A.P. 1992. Improvement program for *Eucalyptus globulus* at PORTUCEL: Technological component. *APPITA journal*. 45(6): 403-407.
15. VASCONCELLOS DIAS, R.; DA SILVA, C.Jr. 1985. Pulp and Paper Properties as influenced by Wood Density- Same species and Ages of *Eucalyptus* -- Papermaking raw material- Vol.1 pag. 7- 36 Puntan ed.

VIII. ANEXOS

ANEXO N°1. DESCRIPCIÓN DE LOS ÁRBOLES SELECCIONADOS

Código	Altura Total (m)	Altura Comercial (m)	Altura 50% Comercial (m)	Altura 75% Comercial (m)	DAP (cm)	corteza %
<i>B14</i> b1-a17	17.20	9.30	4.65	7.00	18.5	10.97
<i>B14</i> b1-a20	17.50	10.95	5.40	8.20	19.5	11.52
<i>B13</i> b1-a14	18.05	11.95	5.97	8.90	18.6	10.75
<i>B13</i> b1-a19	17.44	11.84	5.92	8.80	-	21.7
<i>M3</i> b1-a12	20.10	11.94	5.97	8.99	18.8	19.4
<i>M3</i> b1-a14	20.75	11.80	5.90	8.85	18.7	19.25
<i>M7</i> b1-a15	19.70	12.22	6.12	9.16	19.2	20.56
<i>M7</i> b1-a02	18.35	11.80	5.52	8.41	19.2	22.25
<i>GG9</i> b1-a13	17.30	8.65	4.13	6.50	17.0	17.48
<i>GG9</i> b2-a25	21.30	15.07	7.25	11.30	18.4	14.8
<i>GG11</i> b1-a02	21.20	15.00	11.25	7.50	18.8	16.18
<i>GG11</i> b1-a19	19.60	13.25	6.60	9.93	18.0	13.76

Fuente: Muestreo INIA-Tacuarembó (setiembre 1999- elaboración propia)

Referencias: B14= *Eucalyptus globulus ssp. bicostata* 14
 B13= *Eucalyptus globulus ssp. bicostata* 13
 M3 = *Eucalyptus globulus ssp. maidenii* 3
 M7 = *Eucalyptus globulus ssp. maidenii* 7
 GG9 = *Eucalyptus globulus ssp. globulus* 9
 GG11 = *Eucalyptus globulus ssp. globulus* 11
 b1 : bloque experimental N°1
 a(n°)= árbol de la parcela

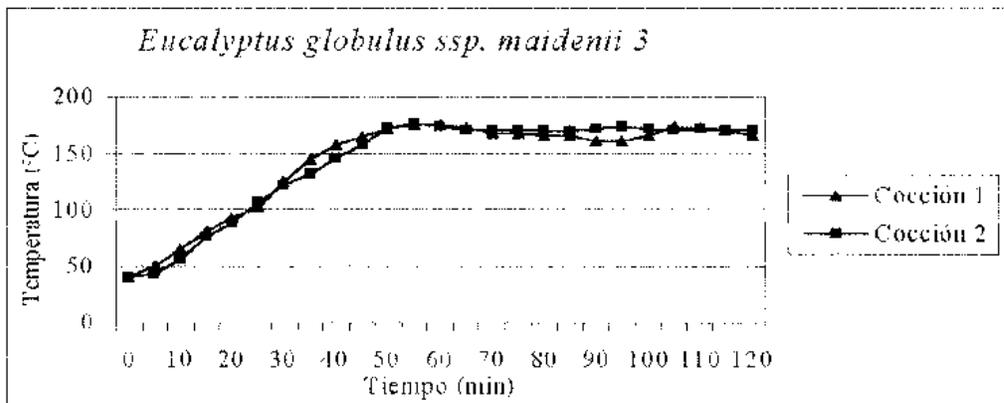
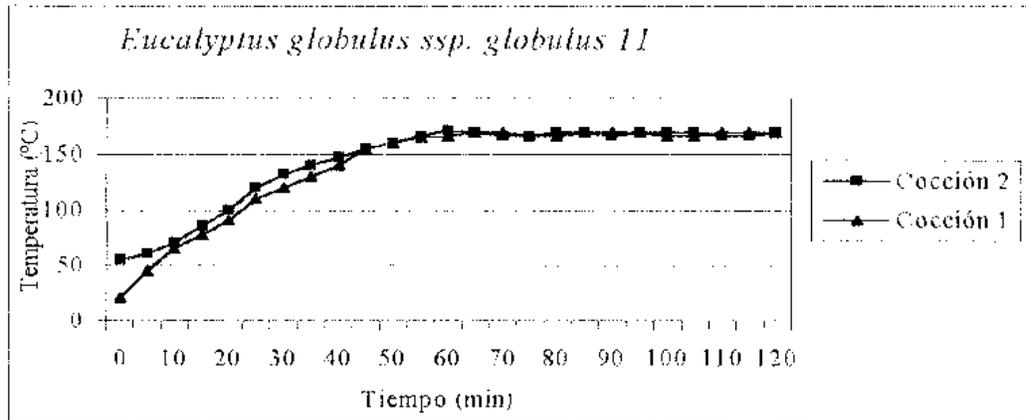
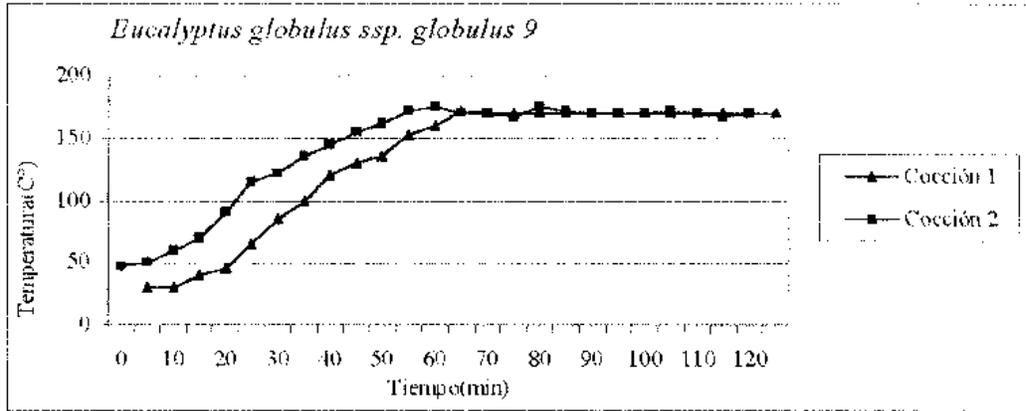
ANEXO Nº2. DATOS DE LA DENSIDAD DE LA MADERA

Subespecie	Nº Troza	Densidad g/cm ³	Densidad /árbol	Densidad promedio por especie
<i>Globulus 9</i>	T 1	0.44	0.51	0.52
	T 2	0.54		
	T 3	0.56		
<i>Globulus 9</i>	T 1	0.49	0.53	
	T 2	0.51		
	T 3	0.59		
<i>Globulus 11</i>	T 1	0.39	0.50	0.54
	T 2	0.55		
	T 3	0.57		
<i>Globulus 11</i>	T 1	0.62	0.59	
	T 2	0.52		
	T 3	0.62		
<i>Maidenii 3</i>	T 1	0.57	0.60	0.62
	T 2	0.62		
	T 3	0.60		
<i>Maidenii 3</i>	T 1	0.62	0.63	
	T 2	0.65		
	T 3	0.62		
<i>Maidenii 7</i>	T 1	0.53	0.53	0.55
	T 2	0.55		
	T 3	0.52		
<i>Maidenii 7</i>	T 1	0.54	0.56	
	T 2	0.57		
	T 3	0.56		
<i>Bicostata 13</i>	T 1	0.56	0.54	0.54
	T 2	0.53		
	T 3	0.54		
<i>Bicostata 13</i>	T 1	0.53	0.54	
	T 2	0.54		
	T 3	0.56		
<i>Bicostata 14</i>	T 1	0.49	0.50	0.55
	T 2	0.50		
	T 3	0.50		
<i>Bicostata 14</i>	T 1	0.58	0.59	
	T 2	0.58		
	T 3	0.60		

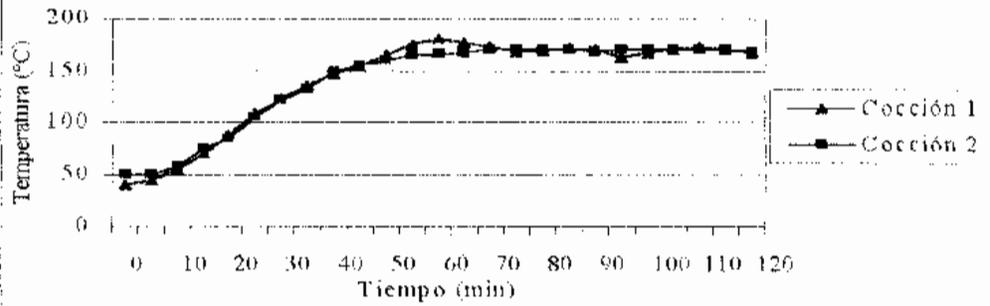
ANEXO N°3. CANTIDADES UTILIZADAS EN LAS COCCIONES Y ENSAYOS DE LABORATORIO

	Porcentaje de seco (%)	Agua (cm ³)	Productos químicos NaOH + Na ₂ S (cm ³)	Chips húmedos (Kg)	Molino Lampen (g de pasta)		Schopper-Riegler (g de pasta)	
					Cocción		Cocción	
					N°1	N°2	N°1	N°2
<i>Eucalyptus globulus ssp. globulus 9</i>	51.6	2775	288.6	1.936	189.7	185.6	12.6	12.4
<i>Eucalyptus globulus ssp. globulus 11</i>	55.0	2893	288.6	1.818	177.2	211.7	11.8	14.1
<i>Eucalyptus globulus ssp. maidenii 3</i>	52.7	2813.4	288.6	1.898	170.0	194.0	11.3	13.0
<i>Eucalyptus globulus ssp. maidenii 7</i>	55.4	2906	288.6	1.805	159.8	170.4	10.6	11.4
<i>Eucalyptus globulus ssp. bicostata 13</i>	55.3	2904.4	288.6	1.807	204.4	188.7	13.6	12.6
<i>Eucalyptus globulus ssp. bicostata 14</i>	55.1	2896.4	288.6	1.815	164.8	207.2	11.1	13.8

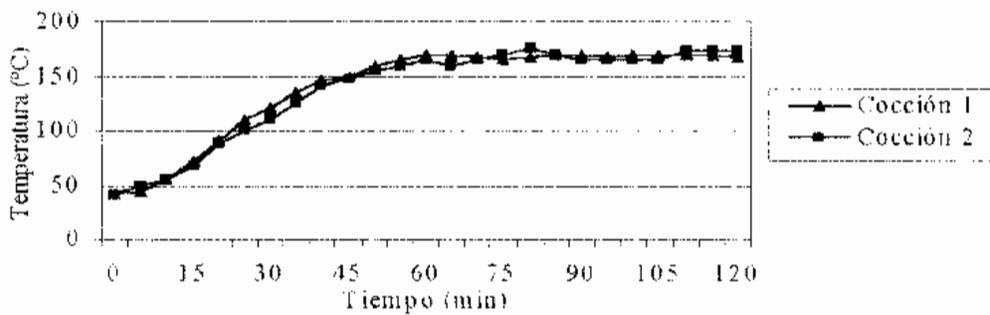
ANEXO N°4. GRÁFICAS DE COCCIÓN



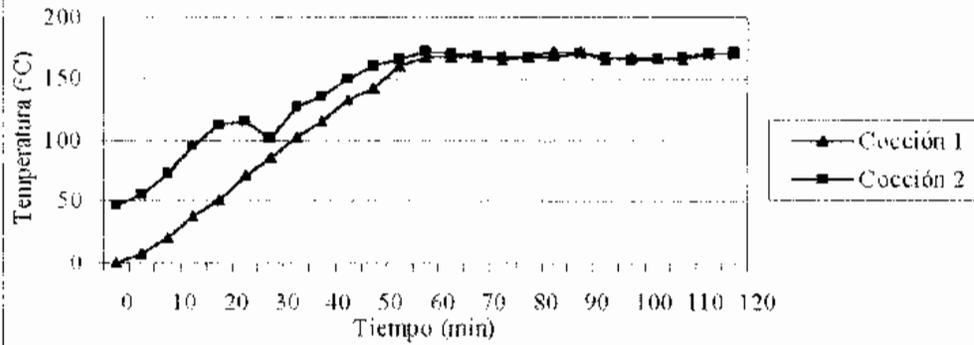
Eucalyptus globulus ssp. maidenii 7



Eucalyptus globulus ssp. bicostata 13



Eucalyptus globulus ssp. bicostata 14



ANEXO N°5. TABLAS DE COCCIÓN

<i>Eucalyptus globulus ssp. globulus 9</i>							
Cocción 1				Cocción 2			
Tiempo (min.)	Temp (°C)	Tiempo (min.)	Temp (°C)	Tiempo (min.)	Temp (°C)	Tiempo (min.)	Temp (°C)
0	30	65	170	0	47	65	170
5	30	70	170	5	50	70	170
10	40	75	170	10	60	75	167
15	45	80	170	15	70	80	175
20	65	85	170	20	90	85	172
25	85	90	170	25	115	90	170
30	100	95	170	30	122	95	170
35	120	100	170	35	135	100	170
40	130	105	170	40	145	105	172
45	135	110	170	45	155	110	170
50	152	115	170	50	162	115	167
55	160	120	170	55	172	120	170
60	172			60	175		

<i>Eucalyptus globulus ssp. globulus 11</i>							
Cocción 1				Cocción 2			
Tiempo (min.)	Temp (°C)	Tiempo (min.)	Temp (°C)	Tiempo (min.)	Temp (°C)	Tiempo (min.)	Temp (°C)
0	20	65	170	0	55	65	170
5	45	70	170	5	60	70	166
10	65	75	170	10	70	75	167
15	77	80	167	15	85	80	170
20	90	85	166	20	100	85	170
25	110	90	167	25	120	90	167
30	120	95	170	30	132	95	170
35	130	100	170	35	140	100	170
40	140	105	170	40	147	105	170
45	155	110	167	45	155	110	167
50	160	115	167	50	160	115	167
55	165	120	170	55	167	120	170
60	170			60	172		

<i>Eucalyptus globulus ssp. maidenii</i> 3							
Cocción 1				Cocción 2			
Tiempo (min.)	Temp (°C)	Tiempo (min.)	Temp (°C)	Tiempo (min.)	Temp (°C)	Tiempo (min.)	Temp (°C)
0	40	65	172	0	40	65	170
5	50	70	167	5	43	70	170
10	64	75	167	10	55	75	170
15	80	80	165	15	75	80	169
20	92	85	160	20	87	85	173
25	102	90	160	25	107	90	171
30	125	95	160	30	122	95	169
35	145	100	165	35	132	100	170
40	157	105	173	40	146	105	171
45	164	110	172	45	157	110	170
50	171	115	170	50	172	115	170
55	175	120	165	55	176	120	170
60	175			60	173		

<i>Eucalyptus globulus ssp. maidenii</i> 7							
Cocción 1				Cocción 2			
Tiempo (min.)	Temp (°C)	Tiempo (min.)	Temp (°C)	Tiempo (min.)	Temp (°C)	Tiempo (min.)	Temp (°C)
0	39	65	176	0	50	65	170
5	43	70	172	5	50	70	171
10	55	75	168	10	57	75	170
15	69	80	169	15	74	80	170
20	88	85	171	20	85	85	170
25	108	90	170	25	105	90	168
30	123	95	163	30	122	95	170
35	135	100	167	35	132	100	170
40	146	105	170	40	148	105	170
45	154	110	172	45	155	110	170
50	165	115	170	50	160	115	170
55	175	120	167	55	165	120	168
60	180			60	166		

Eucalyptus globulus ssp. bicostata 13

Cocción 1				Cocción 2			
Tiempo (min.)	Temp (°C)						
0	40	65	170	0	40	65	160
5	42	70	167	5	50	70	166
10	55	75	165	10	55	75	170
15	72	80	167	15	67	80	175
20	90	85	170	20	87	85	170
25	110	90	170	25	100	90	165
30	120	95	167	30	110	95	165
35	135	100	170	35	125	100	165
40	145	105	170	40	140	105	166
45	150	110	170	45	147	110	174
50	160	115	170	50	155	115	170
55	166	120	167	55	160	120	170
60	170			60	165		

Eucalyptus globulus ssp. bicostata 14

Cocción 1				Cocción 2			
Tiempo (min.)	Temp (°C)						
0	-	65	167	0	47	65	168
5	7.5	70	167	5	55	70	167
10	20	75	164	10	72	75	167
15	37	80	167	15	95	80	167
20	50	85	172	20	112	85	170
25	70	90	171	25	115	90	167
30	85	95	165	30	101	95	164
35	102	100	167	35	127	100	165
40	115	105	166	40	135	105	167
45	132	110	165	45	150	110	170
50	142	115	167	50	160	115	170
55	160	120	170	55	172	120	170
60	167			60	170		

ANEXO N°6. PLANILLAS DE CALCULO DEL FACTOR H

Eucalyptus globulus ssp. globulus 9 - Cocción N°1

Tiemp(min)	Temp (°C)	Veloc. Relat(k)	log k2/k1	k2-k1	k medio	t	k medio*t
0	30	0	#DIV/0!	0	0	0.083	0
5	30	0	#DIV/0!	0	0	0.083	0
10	40	0	#DIV/0!	0	0	0.083	0
15	45	0	#DIV/0!	0	0	0.083	0
20	65	0	#DIV/0!	0	0	0.083	0
25	85	0	#DIV/0!	1.1	1.1	0.083	0.0913
30	100	1.1	2.102132	7.9	9.55	0.083	0.79265
35	120	9	1.017749	15.9	29.4	0.083	2.4402
40	130	24.9	0.491411	15.8	53.15	0.083	4.41145
45	135	40.7	1.579168	156.7	217.75	0.083	18.07325
50	152	197.4	0.70079	200.4	496.5	0.083	41.2095
55	160	397.8	1.003582	687.3	1284	0.083	106.572
60	172	1085.1	-0.16355	-163.7	1463.95	0.083	121.50785
65	170	921.4	0	0	1382.1	0.083	114.7143
70	170	921.4	0	0	1382.1	0.083	114.7143
75	170	921.4	0	0	1382.1	0.083	114.7143
80	170	921.4	0	0	1382.1	0.083	114.7143
85	170	921.4	0	0	1382.1	0.083	114.7143
90	170	921.4	0	0	1382.1	0.083	114.7143
95	170	921.4	0	0	1382.1	0.083	114.7143
100	170	921.4	0	0	1382.1	0.083	114.7143
105	170	921.4	0	0	1382.1	0.083	114.7143
110	170	921.4	0	0	1382.1	0.083	114.7143
115	170	921.4	0	0	1382.1	0.083	114.7143
120	170	921.4	#NUM!	-921.4	460.7	0.083	38.2381

FACTOR = 1595.1936

Eucalyptus globulus ssp. globulus 9 - Cocción N°2

Tiemp(min)	Temp (°C)	Veloc. Relat (k)	log k2/k1	k2-k1	k medio	t	k medio*t
0	47	0	#DIV/0!	0	0	0.083	0
5	50	0	#DIV/0!	0	0	0.083	0
10	60	0	#DIV/0!	0	0	0.083	0
15	70	0	#DIV/0!	0	0	0.083	0
20	90	0	#DIV/0!	5.3	5.3	0.083	0.4399
25	115	5.3	0.73931	5.8	13.75	0.083	1.14125
30	122	11.1	1.29942	29.6	46.25	0.083	3.83875
35	135	40.7	0.94401	63.9	124.95	0.083	10.37085
40	145	104.6	0.90097	152.9	309.8	0.083	25.7134
45	155	257.5	0.60602	214.5	600.75	0.083	49.86225
50	162	472	0.83253	613.1	1321.1	0.083	109.6513
55	172	1085.1	0.24246	297.7	1925.35	0.083	159.80405
60	175	1382.8	-0.406	-461.4	1612.8	0.083	133.8624
65	170	921.4	0	0	1382.1	0.083	114.7143
70	170	921.4	-0.2479	-202.3	1179.8	0.083	97.9234
75	167	719.1	0.65393	663.7	1742.35	0.083	144.61505
80	175	1382.8	-0.2425	-297.7	1776.5	0.083	147.4495
85	172	1085.1	-0.1636	-163.7	1463.95	0.083	121.50785
90	170	921.4	0	0	1382.1	0.083	114.7143
95	170	921.4	0	0	1382.1	0.083	114.7143
100	170	921.4	0.16355	163.7	1545.8	0.083	128.3014
105	172	1085.1	-0.1636	-163.7	1463.95	0.083	121.50785
110	170	921.4	-0.2479	-202.3	1179.8	0.083	97.9234
115	167	719.1	0.24792	202.3	1280.95	0.083	106.31885
120	170	921.4	#NUM!	-921.4	460.7	0.083	38.2381

FACTOR= 1842.6125

Eucalyptus globulus ssp. globulus 11- Cocción N°1

Tiemp(min)	Temp (°C)	Veloc. Relat (k)	log k2/k1	k2-k1	k medio	t	k medio*t
0	20	0	#DIV/0!	0	0	0.083	0
5	45	0	#DIV/0!	0	0	0.083	0
10	65	0	#DIV/0!	0	0	0.083	0
15	77	0	#DIV/0!	0	0	0.083	0
20	90	0	#DIV/0!	3.1	3.1	0.083	0.2573
25	110	3.1	1.065933	5.9	10.55	0.083	0.87565
30	120	9	1.017749	15.9	29.4	0.083	2.4402
35	130	24.9	0.968808	40.7	78.05	0.083	6.47815
40	140	65.6	1.367586	191.9	290.3	0.083	24.0949
45	155	257.5	0.434975	140.3	526.55	0.083	43.70365
50	160	397.8	0.424763	210.5	807.2	0.083	66.9976
55	165	608.3	0.16735	110.8	1023.25	0.083	84.92975
60	167	719.1	0.24792	202.3	1280.95	0.083	106.31885
65	170	921.4	0	0	1382.1	0.083	114.7143
70	170	921.4	-0.33142	-260	1122.2	0.083	93.1426
75	166	661.5	0.083499	57.6	1049.85	0.083	87.13755
80	167	719.1	0.24792	202.3	1280.95	0.083	106.31885
85	170	921.4	0	0	1382.1	0.083	114.7143
90	170	921.4	0	0	1382.1	0.083	114.7143
95	170	921.4	-0.24792	-202	1179.8	0.083	97.9234
100	167	719.1	0	0	1078.65	0.083	89.52795
105	167	719.1	0.24792	202.3	1280.95	0.083	106.31885
110	170	921.4	0	0	1382.1	0.083	114.7143
115	170	921.4	0	0	1382.1	0.083	114.7143
120	170	921.4	#NUM!	-921	460.7	0.083	38.2381

FACTOR = 1528.27485

Eucalyptus globulus ssp. globulus 11- Cocción N°2

Tiemp(min)	Temp(°C)	Veloc. Relat (k)	log k2/k1	k2-k1	k medio	t	k medio*t
0	55	0	#DIV/0!	0	0	0.083	0
5	60	0	#DIV/0!	0	0	0.083	0
10	70	0	#DIV/0!	0	0	0.083	0
15	85	0	#DIV/0!	1.1	1.1	0.083	0.0913
20	100	1.1	2.10213	7.9	9.55	0.083	0.79265
25	120	9	1.21734	21.4	34.9	0.083	2.8967
30	132	30.4	0.76921	35.2	80.8	0.083	6.7064
35	140	65.6	0.65039	60.1	158.5	0.083	13.1555
40	147	125.7	0.7172	131.8	320.35	0.083	26.58905
45	155	257.5	0.43497	140.3	526.55	0.083	43.70365
50	160	397.8	0.59211	321.3	918	0.083	76.194
55	167	719.1	0.41147	366	1444.65	0.083	119.906
60	172	1085.1	-0.1636	-164	1463.95	0.083	121.5079
65	170	921.4	-0.3314	-260	1122.2	0.083	93.1426
70	166	661.5	0.0835	57.6	1049.85	0.083	87.13755
75	167	719.1	0.24792	202.3	1280.95	0.083	106.3189
80	170	921.4	0	0	1382.1	0.083	114.7143
85	170	921.4	-0.2479	-202	1179.8	0.083	97.9234
90	167	719.1	0.24792	202.3	1280.95	0.083	106.3189
95	170	921.4	0	0	1382.1	0.083	114.7143
100	170	921.4	0	0	1382.1	0.083	114.7143
105	170	921.4	-0.2479	-202	1179.8	0.083	97.9234
110	167	719.1	0	0	1078.65	0.083	89.52795
115	167	719.1	0.24792	202.3	1280.95	0.083	106.3189
120	170	921.4	#NUM!	-921	460.7	0.083	38.2381

FACTOR= 1578.536

Eucalyptus globulus ssp. maidenii 3- Cocción N°1

Tiemp(min)	Temp (°C)	Veloc. Relat (k)	log k2/k1	k2-k1	k medio	t	k medio*t
0	40	0	#jDIV/0!	0	0	0.083	0
5	50	0	#jDIV/0!	0	0	0.083	0
10	64	0	#jDIV/0!	0	0	0.083	0
15	80	0	#jDIV/0!	0	0	0.083	0
20	92	0	#jDIV/0!	1.3	1.3	0.083	0.1079
25	102	1.3	2.452585	13.8	15.75	0.083	1.30725
30	125	15.1	1.93565	89.5	112.15	0.083	9.30845
35	145	104.6	1.076164	202.2	359.1	0.083	29.8053
40	157	306.8	0.600373	252.4	712.6	0.083	59.1458
45	164	559.2	0.581408	440.9	1279.7	0.083	106.2151
50	171	1000.1	0.324044	382.7	1882.9	0.083	156.2766
55	175	1382.8	0	0	2074.2	0.083	172.1586
60	175	1382.8	-0.24246	-298	1776.5	0.083	147.4495
65	172	1085.1	-0.41147	-366	1261.7	0.083	104.717
70	167	719.1	0	0	1078.7	0.083	89.52795
75	167	719.1	-0.16735	-111	967.85	0.083	80.33155
80	165	608.3	0	0	912.45	0.083	75.73335
85	165	608.3	-0.42476	-211	701.95	0.083	58.26185
90	160	397.8	0	0	596.7	0.083	49.5261
95	160	397.8	0.424763	210.5	807.2	0.083	66.9976
100	165	608.3	0.660039	568.6	1481.1	0.083	122.9272
105	173	1176.9	-0.08122	-91.8	1673.6	0.083	138.9047
110	172	1085.1	-0.16355	-164	1464	0.083	121.5079
115	170	921.4	-0.41527	-313	1069	0.083	88.727
120	165	608.3	#jNUM!	-608	304.15	0.083	25.24445

FACTOR= 1704.181

Eucalyptus globulus ssp. maidenii 3 - Cocción N°2

Tiemp(min)	Temp (°C)	Veloc. Relat (k)	log k2/k1	k2-k1	k medio	t	k medio*t
0	40	0	#DIV/0!	0	0	0.083	0
5	43	0	#DIV/0!	0	0	0.083	0
10	55	0	#DIV/0!	0	0	0.083	0
15	75	0	#DIV/0!	0	0	0.083	0
20	87	0	#DIV/0!	2.2	2.2	0.083	0.1826
25	107	2.2	1.6186556	8.9	12.2	0.083	1.0126
30	122	11.1	1.007602	19.3	35.95	0.083	2.98385
35	132	30.4	1.3280151	84.3	129.9	0.083	10.7817
40	146	114.7	0.9839781	192.1	364.15	0.083	30.22445
45	157	306.8	1.2633623	778.3	1238.5	0.083	102.7955
50	172	1035.1	0.3225589	413	2040.65	0.083	169.37395
55	176	1498.1	-0.241339	-321	1925.95	0.083	159.85385
60	173	1176.9	-0.24477	-256	1509.85	0.083	125.31755
65	170	921.4	0	0	1382.1	0.083	114.7143
70	170	921.4	0	0	1382.1	0.083	114.7143
75	170	921.4	0	0	1382.1	0.083	114.7143
80	170	921.4	-0.082197	-72.7	1309.4	0.083	108.6802
85	169	848.7	0.1641665	151.4	1424.45	0.083	118.22935
90	171	1000.1	0.1628007	176.8	1676.95	0.083	139.18685
95	173	1176.9	-0.162801	-177	1588.55	0.083	131.84965
100	171	1000.1	-0.08197	-78.7	1421.45	0.083	117.98035
105	170	921.4	0.0819695	78.7	1460.8	0.083	121.2464
110	171	1000.1	-0.08197	-78.7	1421.45	0.083	117.98035
115	170	921.4	0	0	1382.1	0.083	114.7143
120	170	921.4	#NUM!	-921	460.7	0.083	38.2381

FACTOR : 1954.7745

Eucalyptus globulus ssp. maidenii 7 - Cocción N°1

Tiemp(min)	Temp (°C)	Veloc. Relat (k)	log k2/k1	k2-k1	k medio	t	k medio*t
0	39	0	#DIV/0!	0	0	0.083	0
5	43	0	#DIV/0!	0	0	0.083	0
10	55	0	#DIV/0!	0	0	0.083	0
15	69	0	#DIV/0!	0	0	0.083	0
20	88	0	#DIV/0!	2.5	2.5	0.083	0.2075
25	108	2.5	1.59347	9.8	13.55	0.083	1.12465
30	123	12.3	1.19675	28.4	46.85	0.083	3.88855
35	135	40.7	1.0362	74	135.05	0.083	11.20915
40	146	114.7	0.72074	121.1	293.15	0.083	24.33145
45	154	235.8	0.94778	372.5	726.2	0.083	60.2746
50	165	608.3	0.82128	774.5	1686.95	0.083	140.01685
55	175	1382.8	0.39703	673.9	2748.1	0.083	228.0923
60	180	2056.7	-0.31694	-558.6	2526.45	0.083	209.69535
65	176	1498.1	-0.32256	-413	1834.15	0.083	152.23445
70	172	1085.1	-0.3285	-303.8	1323.85	0.083	109.87955
75	168	781.3	0.08276	67.4	1239.35	0.083	102.86605
80	169	848.7	0.16417	151.4	1424.45	0.083	118.22935
85	171	1000.1	-0.08197	-78.7	1421.45	0.083	117.98035
90	170	921.4	-0.58393	-407.5	974.6	0.083	80.8918
95	163	513.9	0.33601	205.2	976.05	0.083	81.01215
100	167	719.1	0.24792	202.3	1280.95	0.083	106.31885
105	170	921.4	0.16355	163.7	1545.8	0.083	128.3014
110	172	1085.1	-0.16355	-163.7	1463.95	0.083	121.50785
115	170	921.4	-0.24792	-202.3	1179.8	0.083	97.9234
120	167	719.1	#NUM!	-719.1	359.55	0.083	29.84265

FACTOR: 1925.82825

Eucalypts globulus ssp. maidenii 7 - Cocción N°2

Tiemp(min)	Temp (°C)	Veloc. Relat (k)	log k2/k1	k2-k1	k medio	t	k medio*t
0	50	0	#DIV/0!	0	0	0.083	0
5	50	0	#DIV/0!	0	0	0.083	0
10	57	0	#DIV/0!	0	0	0.083	0
15	74	0	#DIV/0!	0	0	0.083	0
20	85	0	#DIV/0!	1.8	1.8	0.083	0.1494
25	105	1.8	1.81935	9.3	12	0.083	0.996
30	122	11.1	1.0076	19.3	35.95	0.083	2.98385
35	132	30.4	1.51079	107.3	152.9	0.083	12.6907
40	148	137.7	0.62601	119.8	326.35	0.083	27.08705
45	155	257.5	0.43497	140.3	526.55	0.083	43.70365
50	160	397.8	0.42476	210.5	807.2	0.083	66.9976
55	165	608.3	0.08385	53.2	965.65	0.083	80.14895
60	166	661.5	0.0835	57.6	1049.85	0.083	87.13755
65	167	719.1	0.24792	202.3	1280.95	0.083	106.3189
70	170	921.4	0	0	1382.1	0.083	114.7143
75	170	921.4	0	0	1382.1	0.083	114.7143
80	170	921.4	0	0	1382.1	0.083	114.7143
85	170	921.4	-0.16495	-140	1242	0.083	103.086
90	168	781.3	0.16495	140.1	1312.05	0.083	108.9002
95	170	921.4	0	0	1382.1	0.083	114.7143
100	170	921.4	0	0	1382.1	0.083	114.7143
105	170	921.4	0	0	1382.1	0.083	114.7143
110	170	921.4	0	0	1382.1	0.083	114.7143
115	170	921.4	-0.16495	-140	1242	0.083	103.086
120	168	781.3	#NUM!	-781	390.65	0.083	32.42395

FACTOR= 1578.71

Eucalyptus globulus ssp. bicostata 13- Cocción N°1

Tiemp(min)	Temp (°C)	Veloc. Relat (k)	log k2/k1	k2-k1	k medio	t	k medio*t
0	40	0	#DIV/0!	0	0	0.083	0
5	42	0	#DIV/0!	0	0	0.083	0
10	55	0	#DIV/0!	0	0	0.083	0
15	72	0	#DIV/0!	0	0	0.083	0
20	90	0	#DIV/0!	3.1	3.1	0.083	0.2573
25	110	3.1	1.065933	5.9	10.55	0.083	0.87565
30	120	9	1.50916	31.7	45.2	0.083	3.7516
35	135	40.7	0.944013	63.9	124.95	0.083	10.37085
40	145	104.6	0.455849	60.4	217.3	0.083	18.0359
45	150	165	0.880095	232.8	480.3	0.083	39.8649
50	160	397.8	0.508613	263.7	860.4	0.083	71.4132
55	166	661.5	0.331419	259.9	1252.15	0.083	103.92845
60	170	921.4	0	0	1382.1	0.083	114.7143
65	170	921.4	-0.24792	-202	1179.8	0.083	97.9234
70	167	719.1	-0.16735	-111	967.85	0.083	80.33155
75	165	608.3	0.16735	110.8	1023.25	0.083	84.92975
80	167	719.1	0.24792	202.3	1280.95	0.083	106.31885
85	170	921.4	0	0	1382.1	0.083	114.7143
90	170	921.4	-0.24792	-202	1179.8	0.083	97.9234
95	167	719.1	0.24792	202.3	1280.95	0.083	106.31885
100	170	921.4	0	0	1382.1	0.083	114.7143
105	170	921.4	0	0	1382.1	0.083	114.7143
110	170	921.4	0	0	1382.1	0.083	114.7143
115	170	921.4	-0.24792	-202	1179.8	0.083	97.9234
120	167	719.1	#NUM!	-719	359.55	0.083	29.84265

FACTOR : 1523.5812

Eucalyptus globulus ssp. bicostata 13- Cocción N°2

Tiemp(min)	Temp (°C)	Veloc. Relat (k)	log k2/k1	k2-k1	k medio	t	k medio*t
0	40	0	#DIV/0!	0	0	0.083	0
5	50	0	#DIV/0!	0	0	0.083	0
10	55	0	#DIV/0!	0	0	0.083	0
15	67	0	#DIV/0!	0	0	0.083	0
20	87	0	#DIV/0!	1.1	1.1	0.083	0.0913
25	100	1.1	1.036199	2	3.65	0.083	0.30295
30	110	3.1	1.583457	12	16.65	0.083	1.38195
35	125	15.1	1.469033	50.5	73.15	0.083	6.07145
40	140	65.6	0.65039	60.1	158.5	0.083	13.1555
45	147	125.7	0.717196	131.8	320.35	0.083	26.58905
50	155	257.5	0.434975	140.3	526.55	0.083	43.70365
55	160	397.8	0.424763	210.5	807.2	0.083	66.9976
60	165	608.3	-0.424763	-210.5	701.95	0.083	58.26185
65	160	397.8	0.508613	263.7	860.4	0.083	71.4132
70	166	661.5	0.331419	259.9	1252.2	0.083	103.9285
75	170	921.4	0.406014	461.4	1843.5	0.083	153.0105
80	175	1382.8	-0.406014	-461.4	1612.8	0.083	133.8624
85	170	921.4	-0.415269	-313.1	1069	0.083	88.727
90	165	608.3	0	0	912.45	0.083	75.73335
95	165	608.3	0	0	912.45	0.083	75.73335
100	165	608.3	0.08385	53.2	965.65	0.083	80.14895
105	166	661.5	0.656965	614.4	1606.7	0.083	133.352
110	174	1275.9	0	0	1913.9	0.083	158.8496
115	174	1275.9	0	0	1913.9	0.083	158.8496
120	174	1275.9	#NUM!	-1276	637.95	0.083	52.94985

FACTOR : 1503.113

Eucalyptus globulus ssp. bicostata 14 - Cocción N°1

Tiemp(min)	Temp (°C)	Veloc. Relat (k)	log k2/k1	k2-k1	k medio	t	k medio*t
0	0	0	#jDIV/0!	0	0	0.083	0
5	7.5	0	#jDIV/0!	0	0	0.083	0
10	20	0	#jDIV/0!	0	0	0.083	0
15	37	0	#jDIV/0!	0	0	0.083	0
20	50	0	#jDIV/0!	0	0	0.083	0
25	70	0	#jDIV/0!	0	0	0.083	0
30	85	0	#jDIV/0!	1.3	1.3	0.083	0.1079
35	102	1.3	1.405488	4	5.95	0.083	0.49385
40	115	5.3	1.746917	25.1	33.05	0.083	2.74315
45	132	30.4	0.957633	48.8	94.4	0.083	7.8352
50	142	79.2	1.61414	318.6	437.4	0.083	36.3042
55	160	397.8	0.592112	321.3	918	0.083	76.194
60	167	719.1	0	0	1078.65	0.083	89.52795
65	167	719.1	0	0	1078.65	0.083	89.52795
70	167	719.1	-0.25152	-159.9	918.75	0.083	76.25625
75	164	559.2	0.251519	159.9	998.7	0.083	82.8921
80	167	719.1	0.41147	366	1444.65	0.083	119.90595
85	172	1085.1	-0.08158	-85	1542.65	0.083	128.03995
90	171	1000.1	-0.49724	-391.8	1108.35	0.083	91.99305
95	165	608.3	0.16735	110.8	1023.25	0.083	84.92975
100	167	719.1	-0.0835	-57.6	1021.05	0.083	84.74715
105	166	661.5	-0.08385	-53.2	939.05	0.083	77.94115
110	165	608.3	0.415269	313.1	1225.55	0.083	101.72065
115	170	921.4	0	0	1382.1	0.083	114.7143
120	170	921.4	#jNUM!	-921.4	460.7	0.083	38.2381

FACTOR = 1304.1126

Eucalyptus globulus ssp. bicostata 14 - Cocción N°2

Tiemp(min)	Temp(°C)	Veloc. Relat(k)	log k2/k1	k2-k1	k medio	t	k medio*t
0	47	0	#jDIV/0!	0	0	0.083	0
5	55	0	#jDIV/0!	0	0	0.083	0
10	72	0	#jDIV/0!	0	0	0.083	0
15	95	0	#jDIV/0!	1.1	1.1	0.083	0.0913
20	101	1.1	1.23982	2.7	4.35	0.083	0.36105
25	112	3.8	0.33274	1.5	7.2	0.083	0.5976
30	115	5.3	1.25019	13.2	21.15	0.083	1.75545
35	127	18.5	0.78854	22.2	49.95	0.083	4.14585
40	135	40.7	1.39986	124.3	185.35	0.083	15.38405
45	150	165	0.8801	232.8	480.3	0.083	39.8649
50	160	397.8	0.42476	210.5	807.2	0.083	66.9976
55	165	608.3	0.57882	476.8	1389.3	0.083	115.30775
60	172	1085.1	-0.16355	-164	1464	0.083	121.50785
65	170	921.4	-0.16495	-140	1242	0.083	103.086
70	168	781.3	-0.08297	-62.2	1109.8	0.083	92.10925
75	167	719.1	0	0	1078.7	0.083	89.52795
80	167	719.1	0	0	1078.7	0.083	89.52795
85	167	719.1	0.24792	202.3	1281	0.083	106.31885
90	170	921.4	-0.24792	-202	1179.8	0.083	97.9234
95	167	719.1	-0.25152	-160	918.75	0.083	76.25625
100	164	559.2	0.08417	49.1	887.9	0.083	73.6957
105	165	608.3	0.16735	110.8	1023.3	0.083	84.92975
110	167	719.1	0.24792	202.3	1281	0.083	106.31885
115	170	921.4	0.08197	78.7	1460.8	0.083	121.2464
120	171	1000.1	#jNUM!	-1000	500.05	0.083	41.50415

FACTOR= 1448.4579

	<i>FACTOR H</i>		
	Cocción Nº1	Cocción Nº2	Media
<i>Eucalyptus globulus ssp. globulus 9</i>	1595.1	1842.6	1636.1
<i>Eucalyptus globulus ssp. globulus 11</i>	1528.3	1578.5	
<i>Eucalyptus globulus ssp. maidenii 3</i>	1704.2	1954.7	1790.9
<i>Eucalyptus globulus ssp. maidenii 7</i>	1925.8	1578.7	
<i>Eucalyptus globulus ssp. bicostata 13</i>	1523.6	1503.1	1445.0
<i>Eucalyptus globulus ssp. bicostata 14</i>	1304.1	1448.5	

ANEXO N°7. TABLAS Y GRAFICAS DEL CONSUMO de NaOH

Eucalyptus globulus ssp.globulus 9

Cocción 1

ml (HCl)	ph	ml (HCl)	ph
0	10.9	25	7.8
1	10.9	26	7.3
2	10.8	27	6.7
3	10.8	28	6.4
4	10.7	29	6.2
5	10.6	30	6
6	10.5	31	5.8
7	10.4	32	5.7
8	10.3	33	5.6
9	10.1	34	5.5
10	10	35	5.4
11	9.9	36	5.3
12	9.8	37	5.2
13	9.7	38	5.1
14	9.6	39	5
15	9.5	40	5
16	9.4	41	4.9
17	9.3	42	4.8
18	9.2	43	4.8
19	9.1	44	4.7
20	9	45	4.7
21	8.9	46	4.6
22	8.7	47	4.6
23	8.5	48	4.5
24	8.2		

Eucalyptus globulus ssp. globulus 9

Cocción 2

ml (HCl)	ph	ml (HCl)	ph
0	10.6	25	6.1
1	10.5	26	6
2	10.8	27	5.8
3	10.4	28	5.7
4	10.2	29	5.6
5	10.1	30	5.5
6	9.8	31	5.4
7	9.7	32	5.3
8	9.6	33	5.3
9	9.5	34	5.2
10	9.4	35	5.1
11	9.3	36	5.1
12	9.2	37	5
13	9.2	38	4.9
14	9	39	4.9
15	8.9	40	4.8
16	8.8	41	4.8
17	8.6	42	4.7
18	8.4	43	4.7
19	8.1	44	4.6
20	7.6	45	4.6
21	7.1	46	4.5
22	6.6	47	4.5
23	6.4	48	4.4
24	6.2		

Eucalyptus globulus ssp. globulus L

Cocción 1

ml (HCl)	ph	ml (HCl)	ph
0	11	28	10.6
1	11	29	10.6
2	11	30	10.5
3	11	31	10.4
4	11	32	10.2
5	11	33	10.1
6	11	34	10
7	11	35	9.9
8	11	36	9.8
9	11	37	9.7
10	11	38	9.6
11	11	39	9.5
12	11	40	9.4
13	10.9	41	9.3
14	10.9	42	9.2
15	10.9	43	9.1
16	10.9	44	8.9
17	10.9	45	8.8
18	10.9	46	8.6
19	10.9	47	8.4
20	10.9	48	8.1
21	10.8	49	7.7
22	10.8	50	7
23	10.8	51	6.5
24	10.8	52	6.2
25	10.8	53	6
26	10.7	54	5.8
27	10.7		

Eucalyptus globulus ssp. globulus 11

Cocción 2

ml (HCl)	ph	ml (HCl)	ph
0	10.9	26	7.8
1	10.8	27	7.3
2	10.8	28	6.8
3	10.7	29	6.5
4	10.6	30	6.3
5	10.5	31	6
6	10.4	32	5.9
7	10.3	33	5.8
8	10.1	34	5.7
9	10	35	5.6
10	9.9	36	5.5
11	9.8	37	5.4
12	9.8	38	5.3
13	9.7	39	5.2
14	9.6	40	5.1
15	9.5	41	5.1
16	9.4	42	5
17	9.3	43	5
18	9.2	44	4.9
19	9.2	45	4.8
20	9.1	46	4.8
21	8.9	47	4.7
22	8.8	48	4.7
23	8.6	49	4.6
24	8.4	50	4.6
25	8.2	51	4.5
		52	4.5

Eucalyptus globulus ssp. maidenii 3

Cocción 1

ml (HCl)	ph
0	10
1	9.8
2	9.6
3	9.4
4	9.2
5	8.9
6	8.6
7	8.1
8	7
9	6.2
10	6
11	5.7
12	5.5
13	5.3
14	5.1
15	4.9
16	4.8
17	4.7
18	4.5
19	4.4
20	4.3

Eucalyptus globulus ssp. maidenii 3

Cocción 2

ml (HCl)	ph
0	10.3
1	10.3
2	10.1
3	9.9
4	9.8
5	9.7
6	9.5
7	9.4
8	9.3
9	9.2
10	9
11	8.8
12	8.6
13	8.3
14	7.7
15	6.9
16	6.2
17	6.1
18	5.9
19	5.7
20	5.5
21	5.4
22	5.2
23	5.1
24	5
25	4.9
26	4.8
27	4.7
28	4.7
29	4.6
30	4.5
31	4.4

Eucalyptus globulus ssp. maidenii ?

Cocción 1

ml (HCl)	ph	ml (HCl)	ph
0	10.8	24	7.1
1	10.8	25	6.6
2	10.7	26	6.2
3	10.5	27	6.1
4	10.4	28	6
5	10.3	29	5.8
6	10.2	30	5.7
7	10	31	5.6
8	9.9	32	5.5
9	9.8	33	5.4
10	9.7	34	5.3
11	9.7	35	5.2
12	9.6	36	5.1
13	9.5	37	5
14	9.4	38	5
15	9.3	39	4.9
16	9.2	40	4.8
17	9.1	41	4.8
18	8.9	42	4.7
19	8.8	43	4.6
20	8.6	44	4.6
21	8.4	45	4.5
22	8.1	46	4.5
23	7.7	47	4.4

Eucalyptus globulus ssp. maidenii ?

Cocción 2

ml (HCl)	ph
0	11
1	10.9
2	10.6
3	10.4
4	9.9
5	9.6
6	9.4
7	9.1
8	8.9
9	8.3
10	7
11	6.4
12	5.9
13	5.5
14	5.3
15	5
16	4.9
17	4.8
18	4.6
19	4.4

Eucalyptus globulus ssp. bicostata 13

Cocción I

ml (HCl)	ph	ml (HCl)	ph
0	10.7	21	7
1	10.6	22	6.5
2	10.5	23	6.2
3	10.4	24	6.1
4	10.2	25	5.9
5	10.1	26	5.8
6	10	27	5.6
7	9.9	28	5.5
8	9.8	29	5.3
9	9.7	30	5.2
10	9.6	31	5.1
11	9.5	32	5.1
12	9.4	33	5
13	9.3	34	4.9
14	9.1	35	4.8
15	9	36	4.8
16	8.9	37	4.7
17	8.7	38	4.6
18	8.5	39	4.6
19	8.1	40	4.5
20	7.6		

Eucalyptus globulus ssp. bicostata 13

Cocción 2

ml (HCl)	ph	ml (HCl)	ph
0	11	31	9.4
1	11	32	9.3
2	11	33	9.2
3	11	34	9
4	10.9	35	8.9
5	10.9	36	8.8
6	10.9	37	8.6
7	10.9	38	8.3
8	10.9	39	8
9	10.9	40	7.5
10	10.9	41	6.8
11	10.9	42	6.4
12	10.8	43	6.2
13	10.8	44	6
14	10.8	45	5.8
15	10.8	46	5.7
16	10.7	47	5.5
17	10.7	48	5.4
18	10.6	49	5.3
19	10.6	50	5.2
20	10.5	51	5.1
21	10.4	52	5
22	10.3	53	5
23	10.2	54	4.9
24	10.1	55	4.8
25	10	56	4.7
26	9.8	57	4.7
27	9.7	58	4.6
28	9.6	59	4.5
29	9.5	60	4.5
30	9.5		

Eucalyptus globulus ssp. bicostata 14

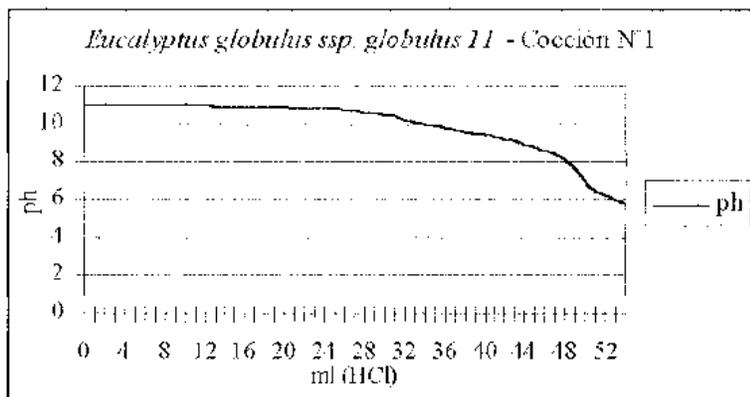
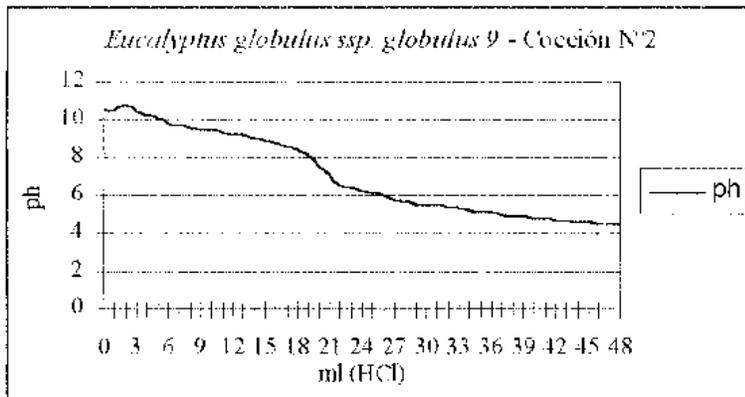
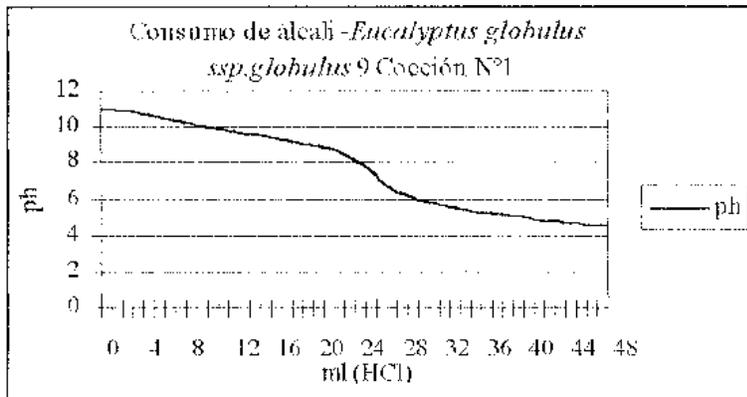
Cocción 1

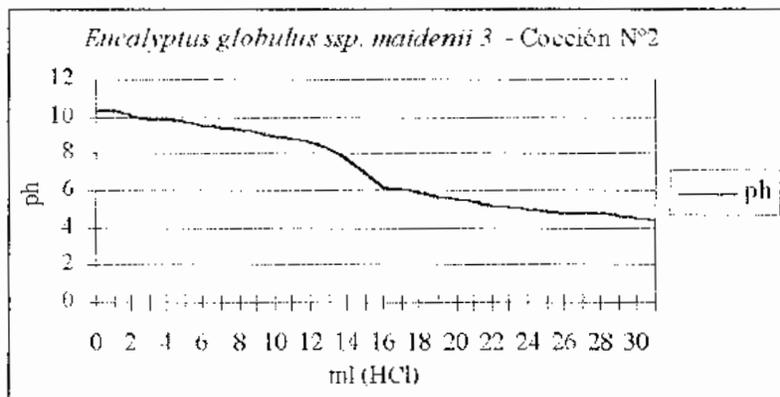
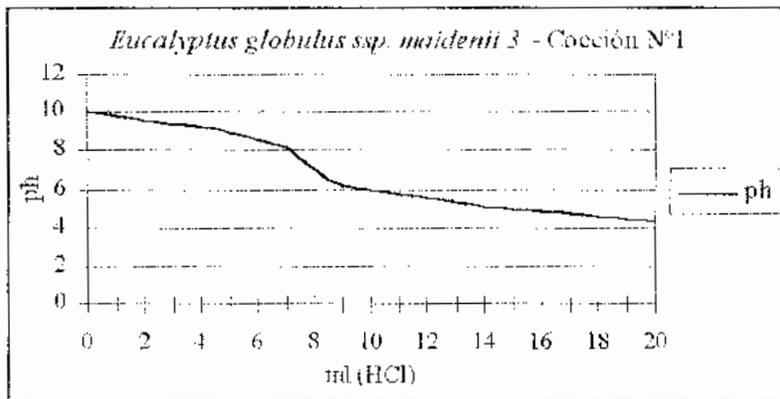
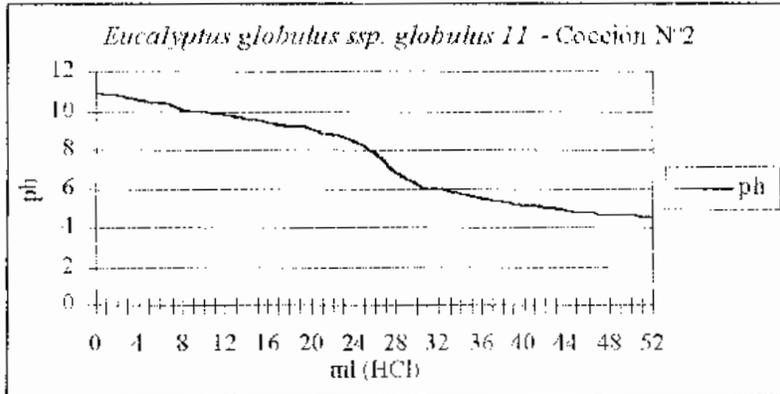
ml (HCl)	ph
0	9.8
1	9.4
2	8.9
3	8
4	6.1
5	5.6
6	5.2
7	4.9
8	4.6
9	4.4
10	4.2

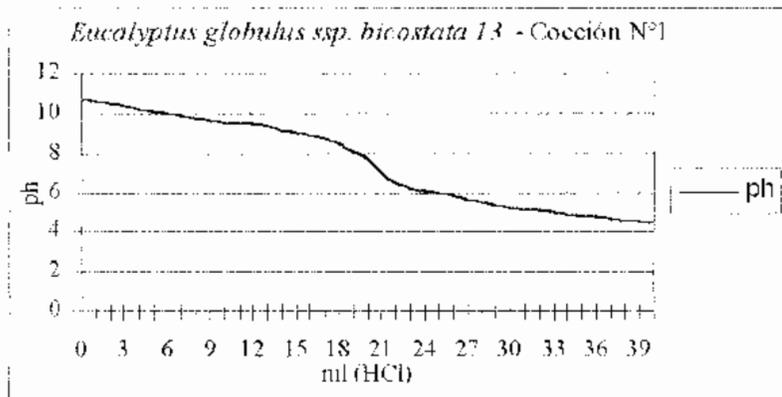
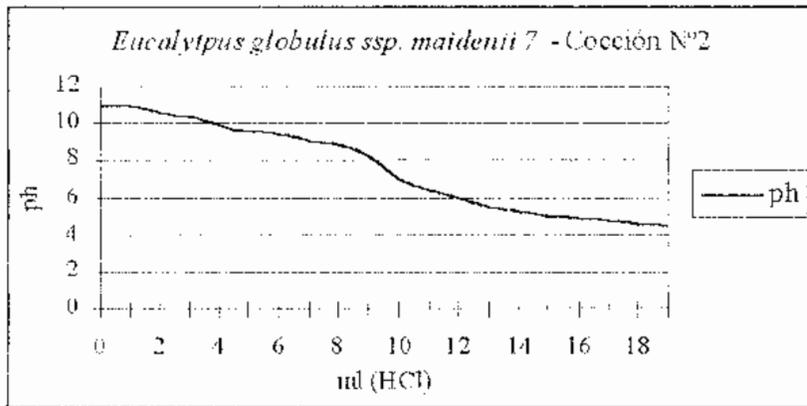
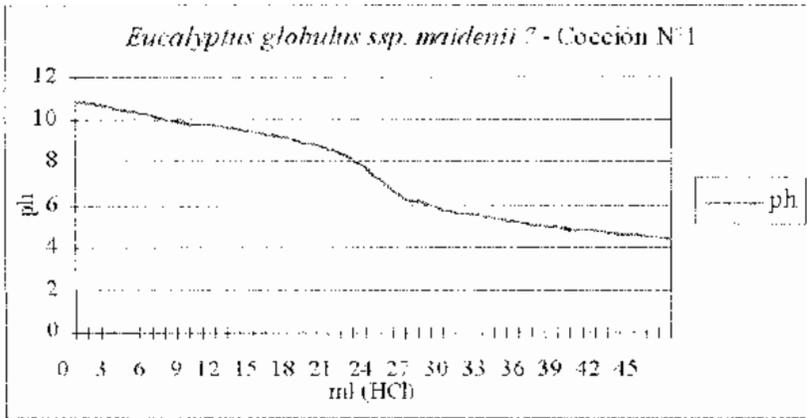
Eucalyptus globulus ssp. bicostata 14

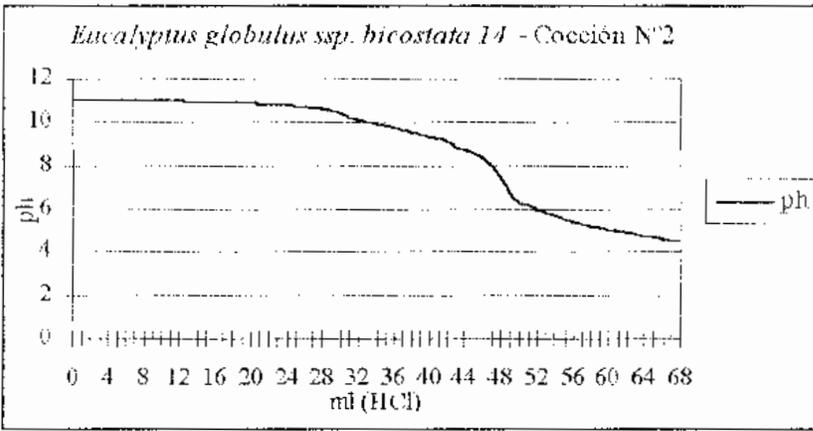
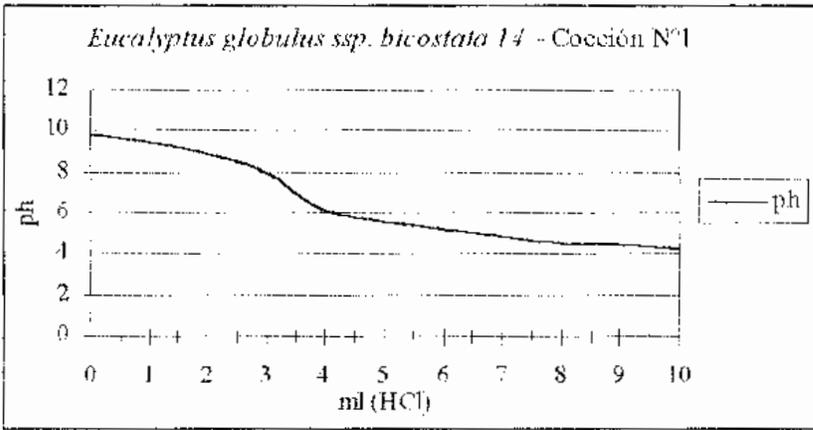
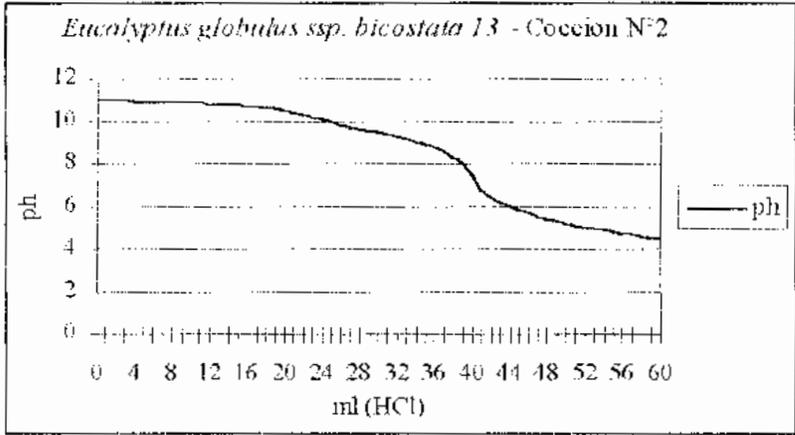
Cocción 2

ml (HCl)	ph	ml (HCl)	ph
0	11	35	9.8
1	11	36	9.7
2	11	37	9.6
3	11	38	9.5
4	11	39	9.4
5	11	40	9.3
6	11	41	9.2
7	11	42	9.1
8	11	43	8.9
9	11	44	8.8
10	11	45	8.6
11	11	46	8.4
12	11	47	8
13	10.9	48	7.5
14	10.9	49	6.8
15	10.9	50	6.3
16	10.9	51	6.2
17	10.9	52	6
18	10.9	53	5.8
19	10.9	54	5.7
20	10.9	55	5.5
21	10.8	56	5.4
22	10.8	57	5.3
23	10.8	58	5.2
24	10.8	59	5.1
25	10.7	60	5
26	10.7	61	4.9
27	10.6	62	4.9
28	10.6	63	4.8
29	10.5	64	4.7
30	10.4	65	4.7
31	10.2	66	4.6
32	10.1	67	4.5
33	10	68	4.5
34	9.9		









Alcalinidad en g/l de NaOH

Cocción N°1	Alcalinidad (g/l)	Cocción N°2	Alcalinidad (g/l)
<i>Eucalyptus globulus ssp. globulus 9</i>	21.6	<i>Eucalyptus globulus ssp. globulus 9</i>	16.0
<i>Eucalyptus globulus ssp. globulus 11</i>	40.0	<i>Eucalyptus globulus ssp. globulus 11</i>	20.8
<i>Eucalyptus globulus ssp. maidenii 3</i>	6.4	<i>Eucalyptus globulus ssp. maidenii 3</i>	11.6
<i>Eucalyptus globulus ssp. maidenii 7</i>	18.4	<i>Eucalyptus globulus ssp. maidenii 7</i>	8.0
<i>Eucalyptus globulus ssp. bicostata 13</i>	15.2	<i>Eucalyptus globulus ssp. bicostata 13</i>	32.8
<i>Eucalyptus globulus ssp. bicostata 14</i>	3.2	<i>Eucalyptus globulus ssp. bicostata 14</i>	38.4