

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN DE DRIS Y NIVEL CRÍTICO EN EL DIAGNÓSTICO
NUTRICIONAL DE *Eucalyptus grandis***

por

Mariana CRUCCI CUELLO

**TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2007**

Tesis aprobada por:

Director: -----
Carlos Perdomo

José García De León

Marcelo Ferrando

Fecha: -----

Autor: -----
Mariana Crucci

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quisiera agradecer a mis padres, que gracias a ellos pude realizar esta carrera. También quiera agradecer a mi novio Álvaro por todo lo que me ha ayudado a lo largo de la carrera. Por otra parte agradezco al personal de biblioteca y al personal docente y no docente de la cátedra de Fertilidad de Suelos por la ayuda que me brindaron para realizar este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1 SITUACIÓN MUNDIAL.....	1
1.2 SITUACIÓN NACIONAL.....	1
1.3 OBJETIVOS.....	2
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRAFICA</u>	3
2.1 INTRODUCCIÓN.....	3
2.2 CARACTERÍSTICA DE LA ESPECIE EN ESTUDIO.....	3
2.3 CARACTERÍSTICAS DEL NITRÓGENO.....	5
2.4 ANÁLISIS DE PLANTA.....	5
2.5 LUGAR DE MUESTREO.....	7
2.6 EDAD DE MUESTREO.....	10
2.7 EPOCA DE MUESTREO.....	11
2.8 RESPUESTA DEL CONTENIDO DE N EN HOJA A LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA.....	13
2.9 RESPUESTA EN EL CONTENIDO DE NUTRIENTES EN HOJA A LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA.....	14
2.10 VALORES DE LAS CONCENTRACIONES DE NUTRIENTES EN HOJAS.....	15
2.11 RELACIONES ENTRE NUTRIENTES.....	16
2.12 DRIS (Diagnostic and Recommendation Integrated System).....	17
2.12.1 <u>Concentración de nutrientes y envejecimiento</u>	18
2.12.2 <u>Efecto de la edad de la hoja y posición en los índices DRIS</u>	22
2.13 CONTENIDO DE CLOROFILA EN HOJAS.....	22
2.14 RELACION ENTRE EL CONTENIDO DE CLOROFILA EN HOJA Y EL N.....	23
3. <u>MATERIALES Y METODOS</u>	24
3.1 ÁREA DE ESTUDIO Y MUESTREO.....	24
3.2 ANÁLISIS DE LABORATORIO.....	26
3.2.1 <u>Análisis de N foliar</u>	26
3.2.2 <u>Técnica de digestión de muestras foliares por vía seca (cenizas)</u>	28
3.2.2.1 Determinación de P foliar.....	29
3.2.2.2 Determinación de B foliar.....	29

3.2.2.3 Determinación de K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn y Zn foliar.....	29
3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.....	29
3.4 ANALISIS DRIS.....	30
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	31
4.1 ESTUDIO DE LAS VARIACIONES DE CONCENTRACIONES FOLIARES DE NUTRIENTES DE <i>Eucalyptus grandis</i>	31
4.1.1 <u>Comparación de concentraciones foliares de macro y micronutrientes en plantaciones de <i>Eucalyptus grandis</i> de Brasil y Uruguay</u>	31
4.1.2 <u>Variaciones de concentraciones foliares de macro y micronutrientes según la posición de la hoja en el árbol</u>	32
4.1.3 <u>Efecto de la re-fertilización nitrogenada en la distribución de N entre el tercio inferior y superior de la copa</u>	34
4.1.4 <u>Efecto de la re-fertilización nitrogenada en la distribución de macro y micronutrientes entre el tercio inferior y superior de la copa</u>	37
4.2 DIAGNOSTICO NUTRICIONAL DE PLANTACIONES DE EUCALIPTOS EN BASE AL ANÁLISIS FOLIAR.....	40
4.2.1 <u>Comparación entre los rangos foliares de varios nutrientes observados en el Uruguay y los rangos considerados adecuados y críticos en el Brasil</u>	40
4.2.2 <u>Diagnostico nutricional de plantaciones en base a las metodologías de DRIS, Nivel Crítico y Relación N/P</u>	41
4.2.2.1 Diagnostico en base a las concentraciones de nutrientes de las hojas del tercio superior de la copa previo a la fertilización.....	41
4.2.2.2 Diagnostico en base a las concentraciones de nutrientes de las hojas del tercio superior de la copa post re- fertilización.....	44
4.2.2.3 Diagnostico en base a las concentraciones de nutrientes de las hojas del tercio inferior de la copa pre y post re- fertilización.....	46
5. <u>CONCLUSIONES</u>	49
6. <u>RESUMEN</u>	51
7. <u>SUMMARY</u>	53

8. <u>BIBLOGRAFIA</u>	54
9. <u>ANEXOS</u>	60

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Ubicación y caracterización de los sitios estudiados.....	25
2. Datos analíticos de los suelos de los sitios experimentales.....	25
3. Fechas en que se muestrearon los distintos sitios estudiados.....	26
4. Concentración de macro y micronutrientes en hojas recién maduras de <i>E. grandis</i> de la región de Mogi Guaçu (Estado de São Paulo) y de las regiones Norte y Litoral Oeste del Uruguay.....	31
5. Diferencias en las características de los diferentes suelos en los que se cultivan eucaliptos en la región.....	32
6. Concentración promedio de nutrientes en función de la posición de las hojas en la copa de <i>E. grandis</i> para sitios representativos de Brasil y Uruguay.....	33
7. Concentración de nitrógeno en función de la posición de las hojas en la copa de <i>E. grandis</i> pre y post re-fertilización con N.....	34
8. Análisis de comparación de rectas de regresión entre la dosis de N y el % de N de hojas del tercio inferior y superior del árbol.....	36
9. Rangos de concentraciones foliares adecuados y deficientes para los distintos nutrientes, para distintas plantaciones en Brasil y rangos máximos y mínimos para las plantaciones comerciales estudiadas en Uruguay.....	41
10. Diagnostico foliar por nivel critico y DRIS para las hojas del tercio superior de la copa de distintos sitios de plantaciones de <i>E. grandis</i> de las zonas Litoral Oeste y Norte del Uruguay previo a la re- fertilización.....	43
11. Relación N/P en función de la posición de las hojas en la copa de <i>E. grandis</i> pre y post re-fertilización con N.....	44
12. Diagnostico foliar por nivel critico y DRIS para las hojas del tercio superior de la copa de distintos sitios de plantaciones de <i>E. grandis</i> re-fertilizados de las zonas Litoral Oeste y Norte del Uruguay.....	46
13. Concentración de varios macronutrientes en función de la posición de las hojas en la copa de <i>E. grandis</i> , antes de la re-fertilización con N en varios sitios de Uruguay.....	60
14. Concentración de varios macronutrientes en función de la posición de las hojas en la copa de <i>E. grandis</i> , para los distintos sitios estudiados de Uruguay, luego de la re-fertilización con 100Kg N/Ha.....	60
15. Concentración de micronutrientes en función de la posición de las hojas en la copa de <i>E. grandis</i> antes de la re-fertilización con N en varios sitios de Uruguay.....	61

16. Concentración de micronutrientes en función de la posición de las hojas en la copa de <i>E. grandis</i> , para los distintos sitios estudiados de Uruguay luego de la re-fertilización con 100Kg N/Ha.....	62
--	----

Figura No.

1. Área geográfica de distribución natural de <i>E. grandis</i> en Australia.....	4
2. Relación entre la concentración de N de las hojas de tercio inferior y superior de la copa.....	35
3. Relación entre la dosis de N de re-fertilización y la concentración de N de las hojas del tercio inferior y del superior de la copa para los Sitios 1, 2 y 4.....	36
4. Relación entre la dosis de N de re-fertilización y la concentración de P, Ca, B y Fe de las hojas del tercio inferior y del superior de la copa para los Sitios 1, 2 y 4.....	39
5. Relación entre el IBN de las hojas del tercio inferior y el IBN de las hojas del tercio superior antes y después de la re- fertilización.....	48
6. Diagnostico nutricional para el Sitio 1 arriba.....	63
7. Diagnostico nutricional para el Sitio 2 arriba.....	64
8. Diagnostico nutricional para el Sitio 3 arriba.....	64
9. Diagnostico nutricional para el Sitio 4 arriba.....	65
10. Diagnostico nutricional para el Sitio 6 arriba.....	65
11. Diagnostico nutricional para el Sitio 7 arriba.....	66
12. Diagnostico nutricional para el Sitio 8 arriba.....	66
13. Diagnostico nutricional para el Sitio 1 re- fertilizado arriba.....	67
14. Diagnostico nutricional para el Sitio 2 re- fertilizado arriba.....	68
15. Diagnostico nutricional para el Sitio 4 re- fertilizado arriba.....	68
16. Diagnostico nutricional para el Sitio 1 abajo.....	69
17. Diagnostico nutricional para el Sitio 2 abajo.....	69
18. Diagnostico nutricional para el Sitio 3 abajo.....	70
19. Diagnostico nutricional para el Sitio 4 abajo.....	71
20. Diagnostico nutricional para el Sitio 6 abajo.....	71
21. Diagnostico nutricional para el Sitio 7 abajo.....	72
22. Diagnostico nutricional para el Sitio 8 abajo.....	72
23. Diagnostico nutricional para el Sitio 1 re- fertilizado abajo.....	73
24. Diagnostico nutricional para el Sitio 2 re- fertilizado abajo.....	74
25. Diagnostico nutricional para el Sitio 4 re- fertilizado abajo.....	74

1. INTRODUCCIÓN

1.1 SITUACIÓN MUNDIAL

La creciente demanda de plantaciones de *Eucalyptus* en el mundo para producir madera, sumado a la disminución en la disponibilidad de tierras, han inducido a la progresiva plantación sobre suelos con bajos contenidos de nutrientes. Esta tendencia se combina con demandas crecientes de arboles de mayor crecimiento y mayor utilización de productos provenientes de sitios forestales, intensificando la demanda de nutrientes. Las aplicaciones de fertilizante nitrogenado en la plantación pueden incrementar el crecimiento temprano y la sobrevivencia (Judd et al., Neilsen, citados por Ringrose y Neilsen, 2005). Para que continúe la respuesta al crecimiento en suelos poco fértiles a lo largo de la rotación, se requiere una fertilización nitrogenada a largo plazo.

Además, donde se ve una respuesta significativa al crecimiento de *Eucalyptus grandis*, por la aplicación de nutrientes, los fertilizantes son aplicados rutinariamente durante el establecimiento de la plantación.

Sin embargo en el momento no hay disponible ningún método para el diagnóstico de la deficiencia o toxicidad de N en plantaciones de *Eucalyptus*, pero se ha usado el análisis foliar, utilizando material joven muestreado durante la estación de crecimiento, en el primer año después de la plantación (Lambert, citado por Shedley et al., 1995).

1.2 SITUACIÓN NACIONAL

El desarrollo del sector forestal se dio sobre la base de una política implementada por el Estado. La Ley N° 15.939 promulgada en el año 1987 establece para los suelos de prioridad forestal, un régimen de subsidios para la plantación, así como la exoneración de todo impuesto a las áreas forestadas. También se facilitó el acceso a líneas especiales de créditos. Con esto se logró un aumento de la inversión en el sector, principalmente por las empresas privadas. Se produjo así un fuerte incremento en la tasa de plantación, la cual, entre los años 1990 y 2000 llegó a un valor promedio próximo a las 50.000 has anuales.

Lo que importa resaltar, es que para la declaración de los terrenos forestales en la ley N° 15.939 se consideraron aquellos que por sus condiciones de suelo, aptitud, clima, ubicación y demás características, eran inadecuados para cualquier otra explotación o destino de carácter permanente o provechoso. Por lo tanto, un suelo considerado como de prioridad forestal, no

necesariamente va a cubrir satisfactoriamente los requerimientos de los árboles.

Estos suelos que se han seleccionado como “suelos de prioridad forestal” por el decreto N° 26/993, son aquellos que tienen en general baja productividad ganadera en campo natural y en su mayoría son marginales para la agricultura, tanto por sus características físicas como por su baja fertilidad (Principi y Loza, 1998).

Al ser la forestación una actividad reciente, no ha existido en el pasado una investigación sistemática en fertilización como la hay para otras actividades tradicionales, gran parte de las plantaciones de *Eucalyptus* están siendo fertilizadas con N post plantación, pero no hay suficiente información de la conveniencia de esta práctica. Resultados de estudios en fertilización en Uruguay han mostrado la ocurrencia de respuesta de rendimiento en volumen a estas aplicaciones de N en algunos sitios, pero la carencia de respuesta en otros (Garategui 2002, Methol, citado por Perdomo et al. 2007). Esta variación en respuesta podría ser causada por diferencias en la disponibilidad de N entre sitios, y por lo tanto podría ser evaluado por análisis de suelo y planta.

1.3 OBJETIVOS

Determinar rangos de concentraciones de nutrientes en plantaciones comerciales de *Eucalyptus* y ver como varían por la fertilización nitrogenada.

Evaluar distintas metodologías de diagnostico nutricional foliar, como DRIS y nivel critico pre y post fertilización nitrogenada y comparar resultados entre estas metodologías.

Objetivo secundario:

Establecer altura optima de copa para muestreo foliar de N y otros nutrientes.

2. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

2.1 INTRODUCCIÓN

La concentración de nutrientes en hoja ha sido considerada como un indicador útil de la salud de los árboles para las especies de eucaliptos. Ballard y Will, Dell et al., citados por Ringrose y Neilsen (2005), determinaron deficiencias y concentraciones adecuadas de nutrientes para algunas especies de *Eucalyptus*, en plantaciones jóvenes, relacionando niveles de deficiencias de nutrientes a síntomas de salud pobre.

En el campo, un diagnóstico temprano de deficiencia de N durante la primera estación de crecimiento en eucaliptos de rápido crecimiento podría ser útil para la aplicación correctiva de fertilizante en el periodo de alto requerimiento de fertilización, previo al cierre de copa (Miller, citado por Shedley et al., 1995).

Las variaciones en los niveles de nutrientes en hojas de *E. grandis* creciendo en plantaciones de Sudáfrica fueron claramente relacionadas a los niveles de nutrientes en el suelo y una interpretación de los efectos de la fertilización a través muchos nutrientes foliares han contribuido al conocimiento de los requerimientos de nutrientes de esta especie (Bell y Ward, 1984a).

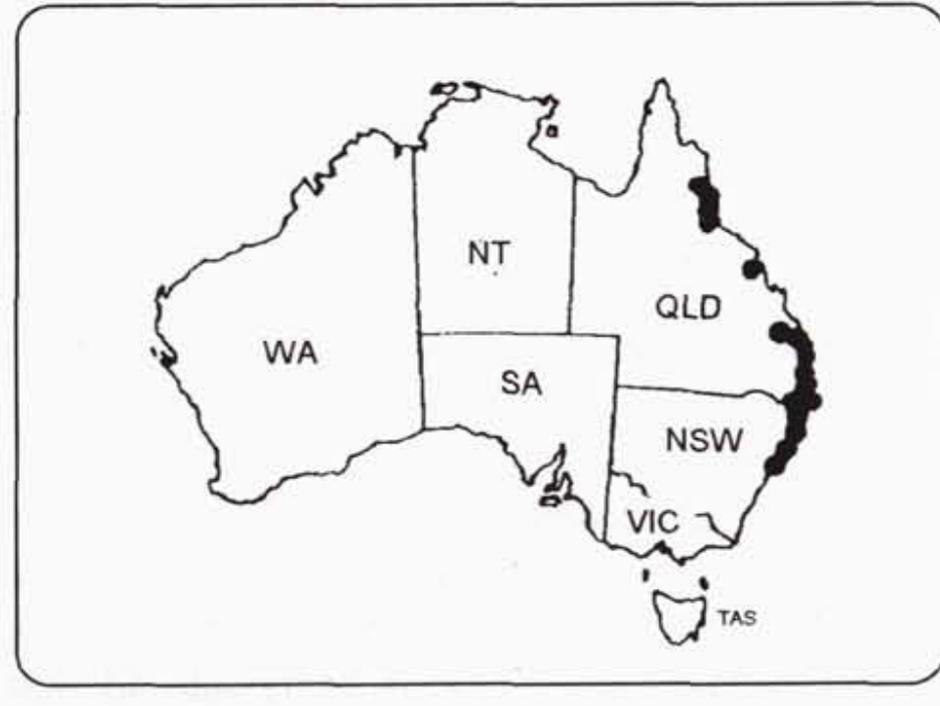
En Uruguay hay también una necesidad de generar estándares nutricionales locales para guiar las aplicaciones de N post plantación. Esta necesidad no está basada únicamente en los obvios beneficios económicos asociados con el uso eficiente del N, sino también con las preocupaciones ambientales acerca del efecto deteriorante de las excesivas aplicaciones de N. Alguno de esos efectos son bien conocidos, problemas de polución de aguas con NO₃ (Hamilton y Helsel, citados por Perdomo et al., 2007) y la emisión incrementada de N₂O de suelos, los cuales han sido ligados a el aumento del efecto invernadero y a la destrucción de la capa de ozono (Bouwman, citado por Perdomo et al., 2007).

2.2 CARACTERÍSTICA DE LA ESPECIE EN ESTUDIO

Eucalyptus grandis Hill ex Maiden se extiende desde el Norte del estado de Queensland (Australia) hasta Nueva Gales del Sur (Fig. 1), entre los 17° y 35° de latitud, asociado a otros eucaliptos (Curbelo, 1989). El clima ahí es templado (sur) hasta tropical (norte) (Brussa, 1994).

Prefiere suelos con buena capacidad de retención de agua, profundos, de texturas limosas, bien drenados (Kelly et al., Golfari, citados por Brussa, 1994), y posee altos requerimientos de nitrógeno (Schönau, 1981a).

Figura 1. Área geográfica de distribución natural de *E. grandis* en Australia.



Fuente: Aguerre et al. (1995).

Aunque es nativo de Australia, ha sido plantado mucho en América del Sur, sur de África e India, para proveer madera sólida y madera para pulpa (Burgess, citado por Leuning et al., 1991). Bajo condiciones favorables, *E. grandis* es capaz de alcanzar 20m de altura en 3 años, y las proporciones de crecimiento en volumen sobrepasan los 50 m³/ha (Campinhos, citado por Leuning et al., 1991).

Su cultivo en el Uruguay se difunde en la década de 1960 luego que se introdujera en 1963 de huertos semilleros de Sudáfrica (Brussa, 1994). Actualmente se trata de uno de los cultivos más empleados en forestaciones comerciales por su conformación y velocidad de crecimiento, los que pueden verse sensiblemente disminuidas en los suelos pocos desarrollados y en aquellos con drenaje imperfecto (Brussa, 1994).

2.3 CARACTERÍSTICAS DEL NITRÓGENO

El nitrógeno es un macronutriente esencial para los seres vivos, ya que es uno de los constituyentes principales de compuestos vitales como aminoácidos, proteínas, enzimas, nucleoproteínas, ácidos nucleicos, así como también de las paredes celulares y clorofila en los vegetales (Perdomo y Barbazán, 1999). Este elemento se encuentra dentro de las plantas tanto en formas orgánicas como inorgánicas. Estas últimas son en realidad de escasa magnitud, estando la mayoría como NO_3^- , única forma inorgánica capaz de ser almacenada (Perdomo y Barbazán, 1999).

En la naturaleza existen dos fuentes principales de reserva de nitrógeno para las plantas. La mayor es la atmósfera, el N se encuentra en forma molecular (N_2). La otra reserva importante de N es la materia orgánica del suelo. El N del aire puede llegar a la planta a través de 2 mecanismos principales: transferido por las bacterias que previamente lo han fijado simbiótica o asimbioticamente, o disuelto en el agua de lluvia. El N presente en el suelo bajo formas orgánicas tampoco esta disponible como tal para las plantas, sino que para ser absorbido tiene que pasar a formas inorgánicas (Perdomo y Barbazán, 1999).

Es característico de este elemento que sus concentraciones en el follaje de árboles y en los componentes vivos de ramas se incrementen rápidamente durante el primer año de crecimiento, a medida que las copas individuales de los árboles se desarrollan en aislamiento relativo. Sin embargo cuando las copas de los árboles comienzan a competir por luz, el crecimiento en altura continua pero el follaje y las ramas de la parte baja de la copa mueren progresivamente, por lo tanto la cantidad total de nitrógeno en el follaje y ramas permanece relativamente estable (Cromer et al., 1993).

2.4 ANÁLISIS DE PLANTA

Se han propuesto varias formas de interpretar el dato del análisis de plantas. La más conocida es comparar la concentración de determinado nutriente en la materia seca de la muestra problema con un valor llamado nivel crítico o concentración crítica para ese nutriente y cultivo (Barbazán, 1998). El nivel crítico surge de considerar las distintas relaciones que existen entre la concentración de nutrientes dentro de la planta y el rendimiento o crecimiento de un cultivo dado (Barbazán, 1998). La concentración crítica (o nivel crítico) de nutrientes, según Smith, citado por Olsen y Bell (1990), no es un simple valor sino una estrecha gama de concentración de nutrientes, por encima de la cual la planta es ampliamente suplida con nutrientes, y por debajo de la cual la planta es deficiente.

El uso del análisis de planta para determinar el estado nutricional de las plantas en agricultura, horticultura y forestación depende del conocimiento de las relaciones entre el crecimiento de planta y las concentraciones de nutrientes en los tejidos (Bouma, Ulrich, citados por Grove, 1990). Un factor importante para el desarrollo de los métodos de análisis de plantas para el diagnóstico de deficiencias nutricionales o para predecir los requerimientos de nutrientes, es la selección de tejidos de plantas en los cuales las concentraciones de nutrientes son sensibles a los cambios en la oferta de nutrientes (Bouma, Emmert, citados por Grove, 1990).

Como las concentraciones de nutrientes en hojas son sensibles a las diferencias del sitio, ellas pueden jugar un rol importante en la identificación de deficiencias de nutrientes y en los desbalances nutricionales (Judd et al. 1996, Vitousek y Sandford, citados por Negri y Sharma 1996). Negri y Sharma (1996) encontraron en varias especies forestales que las concentraciones de nutrientes en el follaje en sitios fértiles son mayores que aquellas en sitios no fértiles. También Bell y Ward (1984b) en un estudio con *E. grandis* encontraron que los niveles en hoja de ciertos macronutrientes variaron con las condiciones del suelo, por lo tanto el análisis de hojas completamente expandidas del primer año puede proveer información apropiada para evaluar el estado nutricional de la plantación y permitir aplicar el tratamiento de fertilización requerido.

Además de que las hojas son el 6% de la biomasa total en especies como *E. globulus*, estas acumulan la mitad del N, el 30% del P y el 20% del Ca, Mg y K (Brañas et al., 2000). Es por esto que el análisis foliar ha sido usado particularmente para determinar la eficiencia de fertilizar y para examinar los balances de nutrientes dentro del árbol para las distintas especies de eucaliptos (Herbert, 1996). Asimismo, el análisis foliar se hace más atractivo que el análisis de suelo para determinar el estado de los nutrientes en un sitio, cuando las concentraciones de los mismos son bajas en ese sitio, pero la tasa de crecimiento de los árboles es satisfactoria (Herbert, 1996). Como regla general, existe una alta correlación entre el análisis de suelos y el análisis de plantas. Sin embargo, en algunos casos esta regla puede no ser tan exacta por lo que no siempre es válido asumir que el contenido de un nutriente en la planta está directamente relacionado a la disponibilidad del mismo en el suelo (Barbazán, 1998)

La estación, edad del follaje y posición en la copa son algunos de los factores importantes los cuales influyen las concentraciones foliares de los nutrientes en varias especies forestales (Van den Driessche, Lambert, Mead, Westman y Wells, citados por Negri y Sharma, 1996). Entonces el análisis de plantas se puede considerar como una fotografía de la concentración de nutriente en el momento del muestreo. Es una herramienta que permite

diagnosticar el status nutricional de un cultivo. La predicción de cuánto agregar de un nutriente a partir del análisis de planta necesita de investigación de ensayos de respuesta y modelos en los cuales se tengan en cuenta, por ejemplo, rendimiento y/o calidad del cultivo (Barbazán, 1998).

Lo anteriormente señalado significa que no se puede realizar una recomendación de fertilización basándose sólo en el dato de análisis de planta, sino que debería tenerse en cuenta además, el conocimiento de las condiciones ambientales imperantes, así como los datos del análisis del suelo. Si la información del análisis de plantas coincide con la del análisis de suelo, se tiene más certeza sobre el origen del problema. Además, es necesario tener presente las condiciones climáticas posteriores al muestreo (de plantas o de suelo) pues también estarán influyendo en la recomendación que finalmente se haga (Barbazán, 1998).

2.5 LUGAR DE MUESTREO

Dentro de la planta el N es muy móvil, por lo cual la planta lo puede redistribuir o translocar. A medida que el cultivo envejece, parte del N (partes orgánicas) de las áreas vegetativas se mueven hacia las partes más nuevas. Este proceso ocurre en forma independiente de la magnitud del suministro de N que el cultivo este recibiendo desde el suelo. En condiciones de deficiencia de N, también se produce una competencia interna dentro de la planta, que determina la movilización del N desde los órganos de mayor edad cronológica (por ejemplo, hojas viejas) hacia los órganos mas jóvenes (Perdomo y Barbazán, 1999).

La razón por la cual el N se encuentra en mayor proporción en tejidos con mayores cantidades de células vivientes, es que este elemento es un componente estructural de proteínas, aminoácidos y todas las membranas (Bell y Ward, 1984b). A parte de esto, gran parte del N dentro de hojas es usado en enzimas involucradas en la fotosíntesis y a menudo se observa una fuerte correlación entre la capacidad fotosintética y la concentración de N en hojas. Las hojas que reciben más irradiancia deberían tener relativamente mayor concentración de N que las hojas sombreadas, si la planta hace un uso óptimo del N disponible (Field, Field y Money, citados por Leuning et al., 1991). La concentración de N debería caer exponencialmente a medida que descendemos en copas cerradas ya que la irradiancia desciende exponencialmente (Hirose y Werger, citados por Leuning et al., 1991). Por esta causa Close et al. (2005) afirman que en los plantines de *E. nitens* las hojas más viejas o las que están expuestas a menos luz generalmente contienen menos N que hojas más jóvenes, altas y expuestas a la luz.

Bell y Ward (1984a) trabajando con *E. wandoo* en sitios pobres y sitios ricos en nutrientes encontraron que las concentraciones de N en hojas nuevas desarrollándose varían en gran medida dependiendo de la altura de la copa y de la concentración de este elemento en el suelo. Las concentraciones foliares de N en un sitio bueno fueron más altas en la parte de arriba de la copa, que en las ramas de más abajo, en cambio en el sitio pobre esta diferencia en las concentraciones de N en las distintas partes de la copa no existieron. También encontraron que el N total fue más alto en hojas más jóvenes que en hojas más viejas.

Cromer (1996) trabajando con plantines de eucaliptos, llegó a la conclusión de que las tres hojas más jóvenes con láminas maduras y hojas con láminas no desarrolladas fueron los indicadores más sensibles del estado de N en un gran número de estos plantines. Esto concuerda con lo afirmado por Olsen y Bell (1990) que para el análisis de N, en tejido joven, las tres láminas maduras más jóvenes son las más sensibles a los cambios en las concentraciones de N por unidad de incremento de crecimiento.

Según Lamb (1976) en *E. deglupta*, la mayoría de los elementos pueden ser satisfactoriamente muestreados en ramas que están a mayor altura y en hojas intermedias dentro de las ramas, esta posición es apropiada para N, P, y todos los microelementos. También se sabe que la determinación de nutrientes de las hojas maduras más jóvenes ha sido tradicionalmente usada para indicar el estado nutricional de la planta, ya que esta parte permite comparaciones directas entre tejidos de similar edad fisiológica (Smit, citado por Olsen y Bell, 1990).

Para el caso de P Bell y Ward (1984b) encontraron en *E. saligna* y *E. wandoo* que los niveles de este elemento en hoja son mayores en hojas jóvenes desarrollándose. Asimismo, los niveles de P total en hojas nuevas desarrollándose son bastante variables, pero generalmente estos niveles se encuentran en mayores concentraciones en la parte de arriba de la copa que en la parte de abajo.

En un estudio hecho por Bell y Ward, citados por Olsen y Bell (1990) en el oeste de Australia, las hojas más jóvenes completamente expandidas de plantaciones de *E. saligna* y *E. wandoo* fueron la parte de la planta que reflejó en forma más adecuada los niveles de N y P en suelos de sitios pobres en nutrientes.

En conclusión la concentración de N, P y K en el follaje de eucaliptos jóvenes es más alta en lo alto de sus copas que en sus bases, indicando que ocurre algo de retranslocación de nutrientes desde el follaje viejo al joven previo

al cierre de copas (Lamb 1976, Leuning et al. 1991, Cromer et al. 1993). Las concentraciones de estos 3 nutrientes son generalmente mayores en la parte externa de la copa e incrementan desde la parte mas baja a la más alta de la copa (Lamb 1976, Leuning et al. 1991, Hingston et al., citados por Grove et al. 1996). En cambio, las concentraciones de Ca, Mg, Fe y Mn tienden a aumentar con la edad de la hoja, es por esto que dichas concentraciones son mayores en hojas de ramas mas bajas de la copa (Lamb, 1976).

Esto es debido a que los nutrientes inmóviles tales como el Ca se acumulan durante todo el lapso de vida (Grove et al., 1996). El Ca no es removilizado hacia los tejidos de la copa, entonces las concentraciones de Ca son mayores en las hojas más viejas en posiciones interiores y más bajas de la copa y se encuentra en menor medida en hojas más jóvenes (Lamb 1976, Bell y Ward 1984a, Leuning et al. 1991, Hingston et al., Loneragan et al., citados por Grove et al. 1996). Las concentraciones de Ca en hojas de ramas mas bajas, de *E. deglupta*, son con regularidad menos variable que en otras posiciones de la copa (Lamb, 1976).

Como el Mg juega un importante rol en la fotosíntesis (Clarkson et al., citados por Bell y Ward, 1984b) se espera que este elemento este en mayores concentraciones en hojas completamente expandidas (Bell y Ward, 1984b), y también es de esperarse que sea menos variable en las hojas de las ramas mas bajas de la copa para *E. saligna* y *E. wandoo* (Bell y Ward, 1984a).

Lamb (1976) encontró en *E. deglupta* para el Zn, que las mayores concentraciones de este elemento estaban en las ramas más altas. El mismo autor vio que las concentraciones de Cu fueron similares en todas las posiciones de la copa independientemente de la edad de la hoja o altura en la copa.

Se asume como probable que la principal variación en la concentración de nutrientes foliares es debida a diferencias en los sitios, ambiente, tratamientos silviculturales, temporada, y posición de muestreo (Schönau, 1981a). Por esto se ha estandarizado un método de muestreo de follaje para propósitos de diagnostico, así se trata de minimizar la variación en la concentración de nutrientes debido a la edad de la hoja, posición en la copa y estación del año (Knight y Nicholas, 1996). El método estándar en Nueva Zelanda consiste en recoger intactas, hojas que han llegado al tamaño completo o cercanas al tamaño completo de estación de crecimiento actual, de muchas posiciones alrededor del árbol en el tercio mas alto y descubierto de la copa (Knight y Nicholas 1996, Herbert 1996).

Chapin y Kedrowski, citados por Grove et al. (1996) indicaron que árboles con bajas concentraciones de N y P retranslocan una proporción similar o menor de N y P foliar que árboles con un estado más favorable de nutrientes, previo a la abscisión de hojas. Ellos concluyeron que una alta retranslocación eficiente no es un mecanismo adaptativo para plantas creciendo en hábitats con bajos nutrientes. Sin embargo, las hojas de eucaliptos que tienen una gran concentración de N y P, contienen también grandes cantidades de estos elementos en formas que pueden ser movilizadas (Mulligan, citado por Grove et al., 1996) y una mayor proporción de N y P pueden por lo tanto ser retranslocadas comparadas con hojas de más bajo contenido de N y P inicial. Los nutrientes son retranslocados incluso cuando las cantidades de nutrientes agregadas son incrementadas sobre el momento para mantener las proporciones de máximo crecimiento relativo (Nambiar, citado por Grove et al., 1996). Por lo tanto cuando la oferta de nutrientes externas no limita el crecimiento de los árboles, la retranslocación de nutrientes desde tejidos más viejos contribuirá aun a una gran proporción de los requerimientos para el crecimiento. Por ejemplo, una vez que la toma de P del suelo excede los totales de requerimientos para el crecimiento, hay una ganancia neta de P en hojas más viejas y aparecen síntomas de toxicidad (Rossiter, Grundon, citados por Grove et al., 1996).

2.6 EDAD DE MUESTREO

Lamb (1976) estudiando los factores que afectan la concentración de elementos minerales en la copa de *E. deglupta* en Papua Nueva Guinea, encontró que los dos factores que la afectan más fuertemente son la edad de las hojas y la estación. También Bolle- Jones, citado por Lamb (1977), Schönau y Herbert (1983) afirman que la concentración óptima de nutrientes en hojas de eucaliptos puede variar con la edad de la planta y el sitio. En árboles jóvenes de *E. globulus* se produce una retranslocación neta significativa de nutrientes móviles desde las hojas verdes maduras a las más jóvenes, a medida que continúa el crecimiento y la producción de follaje (Saur et al. 2000, Close et al. 2004a). Esta retranslocación se registraría mayormente durante las estaciones de crecimiento.

Durante los primeros años, el crecimiento de la copa (hojas y ramitas) de los eucaliptos se da con altas concentraciones relativas de nutrientes, gracias a una importante productividad primaria neta (Grove y Malajczuk, Cromer et al., citados por Grove et al., 1996). Este estado de crecimiento es caracterizado por un incremento proporcional en la acumulación de nutrientes, los cuales llegan a la concentración máxima alrededor del momento de cierre de copas (Attiwill, Grove, citados por Grove et al., 1996).

Es por esto que las concentraciones foliares de N (Alway et al., Mc Vicker, citados por Bell y Ward 1984b, Leuning et al. 1991, Pereira et al., citados por Wendler et al. 1995), P (Bell y Ward, 1984a) y Cu (Herbert, 1996) en eucaliptos, generalmente descienden a medida que aumenta la edad de las hojas, mientras que las concentraciones de K, Ca, Mg, Zn y Mn permanecen constantes, y la concentración de Fe tiende a incrementar (Lamb 1976, Herbert 1996, Grove et al. 1996). Knight (1988) también afirma que las concentraciones de N, P, y K tienden a disminuir con la edad de la hoja en *E. fastigata*, mientras lo inverso es efectivo para Ca, Mg, Fe, y Mn en *E. deglupta* (Lamb, 1976). Hay que destacar que hay una contradicción con el Mg, ya que Bell y Ward (1984b) afirma que este elemento decrece con la edad de la hoja. Los resultados encontrados en este trabajo confirman lo afirmado por Lamb (1976), ya que las concentraciones de Mg fueron mayores en las hojas más viejas.

Entonces, sumado a la caída general en los niveles de nutrientes después de los dos años de edad, más la pobre respuesta a la aplicación de fertilizante en árboles más viejos, se hace aconsejable que el muestreo sea llevado a cabo en una edad temprana, preferiblemente durante el primer año después de la plantación en eucaliptos (Schönau 1981a, Schönau 1981b, Schönau y Herbert 1983, Cromer et al. 1993, Bennett et al. 1996). Herbert (1996) afirma que las muestras usadas para el análisis foliar, en especies forestales, deben ser colectadas alrededor de los 12 meses de edad, ya que la mayoría de los análisis asociados con experimentos de fertilización están basados en muestras colectadas en, (o justo antes), del cierre de copas.

Judd et al., Neilsen, citados por Ringrose y Neilsen (2005) concluyeron que la utilidad de la concentración de nutrientes en hojas en predecir la respuesta al crecimiento fue menos clara en árboles viejos. En un experimento de fertilización realizado con *E. regnans* y *E. nitens*, de 7.5 años Neilsen, citado por Ringrose y Neilsen (2005), no encontró relaciones entre las concentraciones en hoja de N o P a esa edad y crecimiento.

2.7 EPOCA DE MUESTREO

La variación en la concentración de nutrientes en hojas de *E. fastigata* durante el año puede ser causada por el ambiente, hoja y crecimiento del árbol, acumulación de nutrientes o redistribución dentro del árbol, y lixiviación del follaje (Knight, 1988). Las concentraciones de N y P en hojas maduras de *E. marginata* se incrementan a mitad de invierno, es máxima entre la mitad y el final del verano, cuando es mayor la caída de hojas, y luego decrece. Grove et al. (1996) también afirman que la fluctuación estacional en la concentración foliar de nutrientes, en *E. marginata*, probablemente resulte del efecto combinado de la alta tasa de absorción de nutrientes en primavera, del

envejecimiento y principio de la senescencia de hojas en verano, y la máxima producción de hojas nuevas en verano.

Bell y Ward (1984b) trabajando con *E. saligna* y *E. wandoo* plantados en Darling Range of Western, Australia propusieron que la mejor estación para hacer muestreos de hojas, en especies perennes de hoja ancha, para proveer información del estado nutricional en plantas y para desarrollar recomendaciones para la fertilización, es en primavera (septiembre – octubre). También indicaron que los nutrientes foliares colectados durante primavera tardía (octubre) podrían ser usados exitosamente para indicar deficiencias de nutrientes específicas, ya que solo en esta época los niveles de los elementos esenciales en hoja pueden ser estrechamente relacionados con las condiciones del suelo.

Schönau (1981b) trabajó con hojas de tercio mas alto de la copa de *E. grandis* y afirmó que las diferencias mas pronunciadas en la concentración de nutrientes en hojas durante el verano hace preferible que la rutina de muestreo para la detección de las deficiencias de nutrientes y para las recomendaciones de fertilización sean llevadas a cabo durante la estación de crecimiento, (verano), del primer año después de plantados, cuando las diferencias entre nutrientes son más pronunciadas y la respuesta en crecimiento a la fertilización es mayor (Schönau 1981b, Herbert 1996). Sin embargo Will, citado por Knight y Nicholas (1996) afirma que las muestras de hojas de eucaliptos tomadas cuando la concentración de nutrientes esta relativamente estable, y cuando los árboles están considerados para estar bajo el máximo estrés son los mas confiables para el propósito de diagnostico.

Bell y Ward (1984b) trabajando con eucaliptos en Australia encontraron que los niveles de N en hojas fueron más altos al final del invierno (fines de agosto) hasta la primavera (fines de octubre) y más bajos al principio de la estación seca (fines de noviembre) hasta el invierno (fines de julio). En cambio en los sitios con deficiencias de N, la variación estacional en el N foliar no es muy pronunciada (Knight, 1988).

Para el caso de P Bell y Ward (1984b) afirman que la concentración de este elemento en hojas de *E. saligna* y *E. wandoo* es mayor en hojas jóvenes desarrollándose pero, una vez que las hojas alcanzan el tamaño final, no se observa una tendencia en la variación estacional de este elemento.

Bell y Ward (1984b), Knight y Nicholas (1996) encontraron que las concentraciones de K foliar en varias especies de eucaliptos, son mas bajas durante el invierno. Este elemento es bastante móvil y fácilmente lixiviable de las hojas (Langkamp et al., citados por Bell y Ward, 1984b). Las altas

concentraciones de K foliar durante los meses más cálidos del año (verano), podrían relacionarse al rol de este catión en mantener el potencial osmótico (Bell y Ward, 1984b).

El esquema estacional observado en los niveles del Ca foliar aparenta relacionarse con el periodo donde los índices de transpiración son moderadamente altos (Carbon et al., citados por Bell y Ward, 1984b). El Ca generalmente tiene baja movilidad fisiológica (Clarkson et al., citados por Bell y Ward, 1984b), entonces el ión Ca^{++} tendería a acumularse en las hojas, ya que estos tejidos son el punto final de la corriente transpiratoria (Bell y Ward, 1984b). El Ca también tiende a ser depositado en tejidos inactivos (Bell y Ward, 1984a). Bell y Ward (1984b) encontraron que las concentraciones de Ca en hojas de *E. saligna* y *E. wandoo* son más altas durante la primavera temprana. Estos autores indicaron una baja movilidad del Ca celular durante la época fría del año.

La concentración de Mg foliar tiende a disminuir con la edad de la hoja, y se incrementa durante la estación de crecimiento en *E. saligna* y *E. wandoo* (Bell y Ward, 1984b). Las concentraciones foliares de Cu y Mn en *E. saligna* están cercanas al mínimo, (o en el mínimo) en la mitad del verano (febrero tardío a marzo) y por lo tanto este puede ser un momento apropiado para muestrear eucaliptos en Nueva Zelanda (Will, citado por Knight y Nicholas, 1996).

Finalmente Knight (1988) encontró también que las concentraciones de nutrientes en el follaje de *E. fastigata* no fertilizados variaron marcadamente con la estación. Las fluctuaciones fueron relativamente pequeñas para Zn, Fe, N y Cu; intermedias para Mg, B y K; y grandes para Ca, P y Mn.

2.8 RESPUESTA DEL CONTENIDO DE N EN HOJA A LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA

Lamb (1977), Bell y Ward (1984a), Yost et al. (1987), Judd et al. (1995), Shedley et al. (1995), Grove et al. (1996), Bennett et al. (1996) afirman que las concentraciones de N en hoja, en eucaliptos jóvenes, son sensibles a los cambios en la fertilidad del suelo e incrementan con el incremento de los valores de aplicación de N. Es por esto que Leuning et al. (1991), trabajando con *E. grandis* (fertilizados y no fertilizados), encontraron que el N total reunido en copas de árboles fertilizados excedió al de los árboles no fertilizados en todos los casos probados, ya que el promedio de las concentraciones de nutrientes y la masa foliar fueron mayores en los árboles fertilizados. Lamb (1977) trabajando en experimentos de fertilización con *E. deglupta* en Papua

New Guinea, también encontró que las concentraciones de N aumentaron luego de la aplicación de N.

Close et al. (2004a) trabajando en invernáculos con plantines de eucaliptos, vieron que los tratamientos con alta fertilización dieron como resultado un contenido relativamente alto de N foliar, y además la concentración de N foliar fue mas alta en los plantines que recibieron el tratamiento de mayor fertilización.

Knight (1988) aplicó 250 Kg/ha de urea en primavera, en una plantación de *E. fastigata* de 3 años de edad, y vio como resultado un rápido incremento en la concentración del N foliar, alcanzando un pico alrededor de los 2 meses luego del tratamiento. Schönau (1981a), Schönau (1982), trabajó con nitrato de amonio calcáreo (NAC) y también encontró que el N foliar en *E. grandis* se incrementó significativamente a causa de esta fertilización.

2.9 RESPUESTA EN EL CONTENIDO DE NUTRIENTES EN HOJA A LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA

Los efectos de la fertilización en la concentración de algunos nutrientes foliares son claramente evidentes y contribuyen hacia la comprensión de los requerimientos de nutrientes de *E. grandis* (Schönau, 1981a).

Yost et al. (1987) trabajando con *E. saligna*, fertilizado con N y muestreando hojas jóvenes completamente expandidas de la parte de arriba de la copa encontraron que el fertilizante nitrogenado influenció significativamente en las concentraciones foliares de todos los macronutrientes a los 12, 18 y 24 meses post plantación. A los 12 meses, las concentraciones de K aumentaron en general por la fertilización nitrogenada, por el contrario las concentraciones de P, Ca y Mg disminuyeron con una o más de las dosis. Las concentraciones de Ca y Mg en el follaje de árboles fertilizados a los 18 y 24 meses, sin embargo, fueron significativamente más bajas que en el follaje de los árboles no fertilizados. Similares resultados reparó Schönau (1982) trabajando con *E. grandis*, encontró que la aplicación de N mediante NAC, disminuyó el P foliar, esto pudo ser debido a que el suelo en el que se hizo el experimento era muy pobre en P y al aplicar fertilizante nitrogenado el P no se pudo absorber con el N. En cambio Grove et al. (1996), Bennett et al. (1996) encontraron que las concentraciones de P en hojas fueron mayores en árboles fertilizados con N que en árboles no fertilizados en varias especies de eucaliptos.

Knight (1988) asevera que el tratamiento de *E. fastigata* con urea tiende a provocar un efecto predominantemente depresivo en la concentración foliar de la mayoría de los nutrientes, tales como Ca, Mg y Mn. Excepciones fueron N,

K, Fe y Zn (Schönau, 1982). Esta disminución en las concentraciones foliares de Mg y Cu por la aplicación de N también fue vista por Schönau (1981a), Schönau (1982), Grove (1990). Sin embargo Schönau (1981a), Schönau (1982) vio un incremento en el Mg y el Mn foliar en *E. grandis*, creciendo en suelos pobres y en condiciones climáticas no favorables, cuando se le aplico N.

También la aplicación de NAC incremento las proporciones de N/P y N/K en varias especies de eucaliptos (Schönau 1982, Bennett et al. 1996).

2.10 VALORES DE LAS CONCENTRACIONES DE NUTRIENTES EN HOJAS

Las concentraciones de nutrientes considerados individualmente, han sido evaluadas por varios autores para guiar las aplicaciones de nutrientes en plantaciones de eucaliptos. Herbert (1996), trabajando con *E. grandis* en Sudáfrica estimó un valor crítico de concentración de N en el follaje de 2.8%. Perdomo et al. (2007) proponen un nivel crítico de 3.39 y 2.04%, en hoja para *E. grandis* fertilizado seis meses post plantación y para *E. globulus* fertilizado a los doce meses post plantación respectivamente. Shedley et al. (1995), trabajando con *E. globulus* de nueve semanas de edad en almácigo, bajo condiciones de invernáculo determinaron una concentración crítica de N en hoja de 2.6%, e identifico un rango adecuado que varió de 2.6 a 3.5%.

Leuning et al. (1991) en *E. grandis* encontraron que a los 6 meses post plantación las concentraciones de N variaron entre 1.0 y 2.0% en árboles no fertilizados y de 1.0 a 3.0% para los árboles fertilizados. Las concentraciones máximas de N, que variaron entre 2.5 y 3.0%, fueron similares en el control y en árboles fertilizados a los 16 meses. Estos autores afirman también que el promedio de las concentraciones de N estuvo bastante estabilizado en árboles que no recibieron fertilización, aunque la dispersión en la concentración incremento con la edad de la planta. El promedio de la concentración de N en árboles fertilizados decreció significativamente de 2.6 a 2.2% cuando las plantas pasaron de 6 a 16 meses de edad.

Knight (1988) vio sobre un periodo de 12 meses de estudio con *E. fastigata*, que la concentración de N en el follaje de árboles no fertilizados varió de 0.99% a 1.45%, (promedio 1.23% N). Lamb (1977) trabajo con las hojas más viejas de la parte de arriba de la copa de *E. deglupta*, también propuso una concentración crítica de N en hoja tentativa de 2.1%. Shedley et al. (1995) en una investigación con *E. globulus* encontraron que la concentración total de N en las hojas mas jóvenes completamente expandidas varió de 1.0% a 3.3%, en plantas con deficiencias y plantas con contenido adecuado de N respectivamente. Para plantas fertilizadas con nitrato de amonio la concentración de N total en hojas mas jóvenes completamente expandidas con

deficiencias severas, deficiencias, contenido adecuado e intoxicadas, fueron <1.4%, 1.4-2.5%, 2.6-3.5%, >4.3% respectivamente.

Estos autores proponen que la variación en el porcentaje de N es debida tanto a las variaciones estacionales, como a la aplicación de fertilizantes. Por ejemplo encontraron que en febrero (verano) las concentraciones de N en hojas se incrementaron de 1.66%, en parcelas no fertilizadas, a 2.20% en parcelas a las que se les aplicó 160 Kg N/ha. En abril (otoño), la concentración de N en hoja se incrementaron de 2.48% en parcelas sin fertilizar a 2.79% en parcelas a las que se les aplicó 320 Kg N/ha.

Leuning et al. (1991) afirman que en *E. grandis* el esquema observado en la distribución de la concentración de P en hojas a los 6 meses fue similar al encontrado para la concentración de N. En árboles control y fertilizados las concentraciones de P son de 0.07 y 0.22% respectivamente. Las concentraciones máximas incrementaron en ambos tratamientos a los 16 meses, alcanzando 0.28 y 0.34% de P en árboles no fertilizados y fertilizados respectivamente. Knight (1988) encontró en *E. fastigata* una variación en el contenido de P foliar en árboles no fertilizados de 0.12% a 0.28% (promedio 0.18% P).

Bell y Ward (1984b) proponen que los valores anuales de la concentración de Ca en hojas completamente expandidas de *E. wandoo* y *E. saligna* varían entre 0.3 y 1.0%, en árboles sin fertilizar. También proponen que los niveles de K en hojas de estas especies, sin fertilizar, varían entre 0.4 y 2.8% a lo largo del año. Olsen y Bell (1990) encontraron que las concentraciones de K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn y B medidos en las 3 laminas de hoja mas maduras de *E. crebra* fueron 1.46, 0.64, 0.2%; y 3.3, 53, 307, 14 y 36 mg Kg⁻¹ respectivamente.

Finalmente Schönau y Herbert (1983), Schönau, citado por Knight (1988), en un estudio hecho en Sudáfrica con *E. grandis* jóvenes, creciendo bajo condiciones optimas, encontraron proporciones de N/P, N/K, P/K, y Ca/Mg en el follaje de 13, 3.0, <0.23, y >3.3 respectivamente.

2.11 RELACIONES ENTRE NUTRIENTES

Muchos autores han sugerido que ciertas proporciones foliares entre nutrientes podrían ser indicadores útiles en el balance de nutrientes en eucaliptos (Knight, 1988). Perdomo et al. (2007) también proponen que los rangos entre nutrientes son usados para guiar la aplicación de los mismos en las plantaciones de eucaliptos, como por ejemplo el rango de N/P en el follaje

de los mismos que ha sido extensivamente usado para guiar la fertilización con N y P.

El análisis de tejidos basados en relaciones críticas entre nutrientes ha sido usado para identificar deficiencias nutricionales en eucaliptos y para guiar las fertilizaciones (Heber 1996, Judd et al. 1996, knight y Nicholas 1996). A diferencia de la concentración de nutrientes simples, las relaciones entre nutrientes tienden a permanecer relativamente constantes con la edad (Beaufils, citado por Perdomo et al., 2007) y son menos afectadas por el habito de crecimiento indeterminado de los eucaliptos y su capacidad para crecer a expensas de la retranslocacion de nutrientes dentro de la planta, la cual puede causar dilución de nutrientes (Cromer 1996, Knight y Nicholas 1996).

Un gran numero de investigadores han identificado rangos foliares de N/P sensible a la adición de fertilizantes y se han sugerido valores óptimos para muchas plantaciones de eucaliptos creciendo normalmente (Judd et al., 1996). Cromer et al., citados por Judd et al. (1996) sugirieron un rango optimo de N/P alrededor de 15 para *E. globulus* y *E. sieberi* y significativamente menor de 15 para *E. pilularis* y *E. grandis*. La relación N/P de aproximadamente 15 ha tenido una amplia aplicabilidad en cuanto al número de especies, ya que el rango N/P cercano a 15 es un promedio de las concentraciones típicas de N y P usado para bosques y plantaciones (Judd et al., 1996). Cromer (1996), Herbert (1996) vieron que plantaciones de eucaliptos respondieron al P cuando el rango N/P estaba encima de 15, y encontraron respuesta al N cuando el rango estaba por debajo de 15. Este rango de N/P también es usado para detectar deficiencias de N en *E. grandis*. Este rango crítico para Herbert (1996), Judd et al. (1996) varía de 13 en Australia a 18 en Sudáfrica.

2.12 DRIS (Diagnostic and Recommendation Integrated System)

El análisis foliar puede ser una herramienta útil para estimar el estado nutricional en plantas únicamente si están disponibles los procedimientos adecuados para la creación del diagnostico a partir de un dato analítico. Debido a la naturaleza dinámica de la composición foliar, la cual es fuertemente influenciada por los procesos del envejecimiento, así como también por interacciones que afectan la toma de nutrientes y su distribución, el diagnóstico foliar puede convertirse en un ejercicio complejo. El sistema integrado de diagnostico y recomendación (DRIS) fue desarrollado por Beaufils como un objetivo referido a solucionar las dificultades inherentes de los procedimientos de diagnósticos (Walworth y Sumner, 1987)

2.12.1 Concentración de nutrientes y envejecimiento

Ha sido ampliamente reconocido que la concentración de nutrientes en plantas cambia marcadamente con la edad de las mismas. También se sabe que la variación genética existe, en general las concentraciones foliares de N, P, K y S tienden a disminuir durante el transcurso del tiempo. En contraste, las concentraciones de Ca y Mg tienden a incrementarse (Walworth y Sumner, 1987).

Por esto, la dinámica natural de la composición de nutrientes en tejidos de plantas impone severas limitantes en el uso del análisis foliar para propósitos de diagnósticos (Bates, Bouma, citados por Walworth y Sumner, 1987). Los valores de nutrientes críticos o sistemas de rangos de suficiencia, generalmente dependen de las normas de diagnóstico derivada de los tejidos de plantas de una edad específica y categoría de plantas clasificadas como saludables o no saludables, basadas solamente en concentraciones de nutrientes. Por eso el estado de crecimiento de las plantas muestreadas es una primera preocupación. Por esta razón, los diagnósticos basados en el uso de tales estándares son usualmente aplicados únicamente a muestras de plantas cosechadas dentro de un estado de crecimiento específico (Walworth y Sumner, 1987).

Una manera de solucionar la dinámica natural de la composición foliar, es desarrollar estándares de tejidos valorados por un amplio rango de estados de desarrollo. Este tipo de estándares ha sido desarrollado, y de hecho, esta disponible para unas pocas especies cultivadas más comúnmente (Ulrich y Hills, Munson y Nelson, Tserling, citados por Walworth y Sumner, 1987). Uno puede entonces muestrear plantas a través de una gama de estados de crecimiento y aplicar el correspondiente valor crítico de nutriente o los rangos de suficiencias.

Una alternativa a este enfoque fue sugerida como una parte de DRIS por Beaufils (1973) quien razonó que si las concentraciones de N, P y K (relativas a la materia seca) todas disminuyen durante el paso del tiempo, entonces los rangos N/P, N/P y P/K (o sus recíprocos) podrían permanecer bastante constantes. Similarmente, ya que las concentraciones de Ca y Mg usualmente incrementan durante el transcurso del tiempo, un cociente formado por esos dos nutrientes (Ca/Mg o Mg/Ca) producirían también un valor constante. Es mas, el producto de dos nutrientes, uno de ellos, el cual contiene un valor relativo a la materia seca que decrece y el otro que incrementa con el tiempo, (N x Ca, por ejemplo), serían también bastante constantes (Walworth y Sumner, 1987).

En esencia, DRIS provee una manera de ordenar proporciones de nutrientes en una clara expresión, la cual es llamada índice DRIS. Un índice de nutriente es una desviación de la proporción del contenido de un nutriente dado de su respectivo valor normal o valor óptimo. Los índices de nutrientes, entonces dan una indicación del estado relativo de los nutrientes constituyentes de las plantas, relativos a otros constituyentes incluidos en el diagnóstico (Walworth y Sumner, 1987).

El establecimiento del sistema DRIS es el concepto de balance de nutriente, son las interrelaciones entre todos los nutrientes considerados simultáneamente. Esto no solo indica el nutriente más limitante, sino también el orden en el cual otros nutrientes están limitando comúnmente el rendimiento (Schutz y Villiers, 1987). Por lo tanto los índices DRIS miden el grado de desbalances de nutrientes y ordena los requerimientos de nutrientes para las plantas (Ward et al., 1985).

Como relatan Schutz y Villiers (1987) la aplicación de DRIS requiere cuatro pasos: 1) la creación de un banco de datos, 2) el desarrollo de normas, 3) el cálculo de los índices y 4) el testeo de las normas.

1) Banco de datos

Para un cultivo específico, el banco de datos comprende análisis de plantas con su correspondiente dato de rendimiento, recogidos desde experimentos de fertilización (preferiblemente) o desde estudios u observaciones, bajo el más amplio rango de condiciones posibles. Cuanto más alto es el número de observaciones, mayor es la precisión de las normas DRIS (Schutz y Villiers, 1987).

Una vez que las normas DRIS han sido validamente establecidas desde una gran población de observaciones distribuidas al azar, ellas deberían ser universalmente aplicables al cultivo (Sumner, citado por Schutz y Villiers, 1987).

2) Normas DRIS

La población de muestras es luego subdividida en subpoblaciones basándose en el rendimiento. Beaufils, citado por Schutz y Villiers (1987) sugiere tres subpoblaciones, alto rendimiento (A), medio rendimiento (B), y bajo rendimiento (C). La mayoría de los investigadores, sin embargo, han encontrado que es adecuado dividir la población en dos subpoblaciones de alto y bajo rendimiento.

Para el dato acumulado, cada elemento es luego expresado en muchos aspectos como sea posible, ejemplo N podría ser expresado como %N en materia seca, N/P, NP y en muchas otras combinaciones con otros elementos como sea posible, ej. como proporciones N/K, N/Ca, N/Mg, N/S, y así sucesivamente (Schutz y Villiers, 1987).

Asumiendo que la población ha sido dividida en alto rendimiento y bajo rendimiento, para cada subpoblación son calculados los valores de la media (X), varianza (S^2) y coeficiente de variación (CV) para todas las formas de expresión. Todos ellos con una fracción significativa (S^2 para la población de bajo rendimiento $\div S^2$ para la población de alto rendimiento) son mantenidos para el propósito de diagnóstico y son las normas DRIS (Schutz y Villiers, 1987).

Para cada par de nutrientes, hay tres formas de expresión que pueden ser consideradas. N y P, por ejemplo, podrían ser relacionados como la proporción N/P, como la inversa P/N, o como el producto N x P. en los cálculos DRIS únicamente una expresión es usada para relacionar cada par de nutriente. La forma de expresión (N/P, P/N, o N x P) seleccionada para uso dentro de los cálculos DRIS es la que presenta la mayor proporción de varianza (Walworth y Sumner, 1987).

El origen de los datos usados para la selección de la expresión de nutrientes podría, por supuesto, afectar profundamente los resultados en este proceso. Si uno espera una forma de expresión de nutrientes seleccionada para mostrar estabilidad con respecto al envejecimiento, la base de datos tiene que representar valores de tejido reflejando un rango de edades. Por ejemplo, la proporción hipotética de nutrientes X/Y puede tener una gran proporción de varianza en una población de datos de tejidos seleccionadas de plantas de edad uniforme. Si, en cambio, X/ materia seca incrementa con la edad mientras Y/ materia seca desciende, la proporción X/Y podría cambiar rápidamente y sería un parámetro pobre para la selección. Si por otro lado, la base de datos usada para la selección de la expresión estaba comprendida de muestras selectas durante toda la estación de crecimiento, X/Y podría presumiblemente tener una mas baja proporción de varianza que X x Y, la cual podría permanecer mas constante sobre el tiempo. La forma del producto podría entonces ser seleccionada como la forma preferida de expresión relacionando esos dos nutrientes (Walworth y Sumner, 1987).

Las normas DRIS se obtienen a partir de un relevamiento. Para que la norma tenga validez, ese relevamiento tiene que ser de cientos o miles de individuos. Supone un modelo de respuesta diferente: Rendimiento (y) vs concentración de un nutriente (x). Lo mejor sería que este relevamiento se

hiciera en un periodo prolongado de tiempo, para que luego el muestreo para diagnostico se haga en un periodo de tiempo similar, o sea en un periodo prolongado dentro del cultivo.

Hasta hoy, todo lo muestreado para el propósito de generación de normas DRIS es llevado a cabo bajo condiciones estándares (parte de planta específica en un estado de crecimiento específico), parcialmente fuera de la conveniencia, y parcialmente porque el muestreo es a menudo hecho como parte de la investigación conducida primariamente para otros propósitos (Walworth y Sumner, 1987).

3) Índices DRIS

El índice DRIS para cada elemento es usualmente derivado desde una ecuación (Beaufils, citado por Schutz y Villiers, 1987) en el cual las normas DRIS son comparadas con los valores obtenidos desde la planta o tratamiento que esta siendo investigado.

En la interpretación, el nutriente con el mas bajo (mas negativo) valor del índice es considerado como el mas limitante, o el que esta relativamente mas insuficiente. El orden de limitantes es dado por el incremento del valor del índice, el mas alto es el mínimo limitante o el mas excesivo nutriente relativamente. Los índices DRIS deben ser correctamente interpretados como ellos representan relativa insuficiencia o exceso, más bien que deficiencia o toxicidad. Los valores del índice representan desviaciones encima o debajo del valor referencia, por lo tanto su suma es cero (Beverly et al., citados por Schutz y Villiers, 1987). Sin embargo cuando el signo es ignorado, su suma es una medida del balance del nutriente en una planta. Como la suma de los índices sin consideración al signo decrece, entonces el potencial del rendimiento alcanzable incrementa, el valor cero corresponde a la situación más balanceada (Beaufils, citado por Schutz y Villiers, 1987).

Si un índice para un nutriente da negativo, ese nutriente esta carente con respecto a los demás. Alternativamente, un índice mas grande positivo indica que el correspondiente esta presente en cantidad relativamente excesiva (Walworth y Sumner, 1987).

4) Testeo de las normas

Las normas pueden ser testeadas mediante la selección de un tratamiento particular de un experimento de fertilización, haciendo un diagnostico y usando el dato desde otras parcelas en la cual la combinación del

tratamiento satisface la recomendación hecha desde el diagnóstico, como una comparación (Schutz y Villiers, 1987).

2.12.2 Efecto de la edad de la hoja y posición en los índices DRIS

Una de las ventajas de DRIS es la habilidad para diagnosticar plantas muestreadas en varios estados de crecimientos. Se encontró que los rangos de nutrientes fueron frecuentemente menos afectados por la edad de la planta que por la concentración de nutrientes basada en materia seca (Walworth y Sumner, 1987). La posición de hojas muestreadas en plantas podría también tener un limitado impacto en los resultados del diagnóstico cuando DRIS es usado (Walworth y Sumner, 1987).

Los índices DRIS calculados a partir de los rangos de elementos en hojas completamente expandidas de la parte más alta de la copa de *E. saligna* en el Oeste de Australia predijeron y clasificaron deficiencias de nutrientes en forma correcta, por el contrario, lo mismo calculado a partir de otros tejidos, (no hojas), no dio así (Ward et al., 1985). Lo mismo observaron Schutz y Villiers (1987) en la misma especie, lo que muestra que esos índices tienen algo promisorio como herramienta para predecir en nutrición de eucaliptos.

DRIS ha sido exitosamente aplicado usando análisis foliar solamente, principalmente como una herramienta de diagnóstico (Beaufils, Beaufils y Sumner, Sumner, Hanson, Beverly et al., citados por Schutz y Villiers, 1987). Además este enfoque ha sido ampliamente usado en Australia (Cromer, 1996) y Nueva Zelanda (Knight y Nicholas, 1996) para predecir respuesta a los fertilizantes en eucaliptos.

2.13 CONTENIDO DE CLOROFILA EN HOJAS

Nicorta et al. (2003), estudiando varias especies de *Bignoniaceae*, afirman que las hojas que han estado expuestas a heladas tienen menos contenido de clorofila que las hojas protegidas. También afirman que la proporción relativa de clorofila *a* decrece en hojas que están creciendo con poca cantidad de luz. Finalmente aseveran que el contenido total de clorofila es más alto en hojas jóvenes.

Dentro de la hoja, el margen de las mismas contiene menor cantidad de clorofila que el centro, y las hojas colectadas en verano contienen cantidades significativamente mayores de clorofila que las hojas colectadas en medio del invierno (Nicorta et al., 2003). Wendler et al. (1995) encontraron también que en plantines de *E. globulus* el contenido de clorofila de hojas viejas permaneció constante durante el crecimiento de hojas nuevas.

2.14 RELACION ENTRE EL CONTENIDO DE CLOROFILA EN HOJA Y EL N

Evans (1989) encontró una correlación fuerte entre el contenido de N y la clorofila en hojas de plantas C₃. Esta tiende a incrementarse linealmente con el contenido de N en hoja. Las variaciones que fueron vistas, fueron a causa de la variación en la nutrición con N y en el muestreo de hojas de diferentes edades. Grasi et al. (2002) también encontraron que el contenido de clorofila en hojas de *E. grandis* es significativamente influenciado por la proporción del suministro de N.

Kitajima y Hogan (2003) encontraron en varias especies de *Bignoniaceae* que las limitaciones de N disminuyen la clorofila total por unidad de área foliar, y la clorofila por unidad de masa. Bajo cero suministro de N, o con bajas cantidades del mismo, la clorofila por unidad de área foliar es mas baja. La clorofila total por unidad de área foliar es relacionada positivamente con el N foliar.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDIO Y MUESTREO

Para el siguiente trabajo se seleccionaron 7 rodales de *Eucalyptus grandis*, 3 en el departamento de Rivera, pertenecientes a la empresa COLONVADE y 4 en el departamento de Paysandú, 1 perteneciente a la empresa COLONVADE Y 3 pertenecientes a la empresa FORESTAL ORIENTAL S.A. (Cuadros 1 y 2). Todos los rodales tenían dos años de plantados, y al momento de la plantación fueron fertilizados con aproximadamente 20N y 100P. Cada rodal fue considerado como un sitio diferente y en cada uno de ellos se instaló un diseño experimental de bloques completos al azar. Este diseño cuenta con 3 repeticiones (bloques), dentro de los mismos se seleccionaron 5 árboles, a los cuales se les muestrearon al azar 5 hojas jóvenes completamente desarrolladas del tercio superior, y 5 hojas jóvenes completamente desarrolladas del tercio inferior, de cada uno. Inmediatamente después del muestreo se midió el contenido de clorofila con un espectrómetro de bolsillo SPAD 502 de Minolta.

Luego del primer muestreo a cada bloque se le aplicaron 3 tratamientos (re- fertilización), siendo estos tratamientos 3 dosis de N agregado (0, 50 y 100 Kg/Ha). El fertilizante utilizado fue Nitrato de Amonio. A los 6 meses de re-fertilizados se hizo el segundo muestreo, que consistió en seleccionar 5 árboles por tratamiento y por bloque, y a cada árbol seleccionado se le sacaron nuevamente al azar 5 hojas jóvenes completamente desarrolladas del tercio inferior y 5 hojas jóvenes completamente desarrolladas del tercio superior. Inmediatamente de este muestreo también se midió el contenido de clorofila con el espectrómetro de bolsillo SPAD 502 de Minolta. Las hojas se agruparon por posición en el árbol y por dosis.

Sitio	Nombre	Dept.	Empresa	Ubicación	Fert. siembra	Marco Plantación
1	Cerro Ponta	Rivera	Colonvade	31°25'20.20"S 55°42'27.50"W	Por planta	4 x 2.5
2	La Gruta	Rivera	Colonvade	31°20'43.00"S 55°42'19.70"W	Por planta	4 x 2.5
3	Mangeira	Rivera	Colonvade	31° 9'45.10"S 55°23'43.50"W	Por planta	4 x 2.5
4	Mª Elvira	Paysandú	Colonvade	31°45'29.10"S 57°35'47.20"W	Por planta	4 x 2.5
6	Pandule 6	Paysandú	FOSA	32°22'36.00"S 57°26'57.60"W	Por planta	4 x 1.8
7	Pandule 7	Paysandú	FOSA	32°22'36.00"S 57°27'09.00"W	Por planta	4 x 1.8
8	Pandule 8	Paysandú	FOSA	32°21'37.00"S 57°26'12.30"W	Por planta	4 x 1.8

Sitio	Asoc. De suelo	K	Na	Ca	Mg	MO	Clase Textural
		----- meq/100g-----				%	
1	Tb	0,51	0,32	0,59	0,3	1,85	ArF
2	Tb	0,72	0,42	0,59	0,41	1,55	ArF
3*	Rv	sd	sd	sd	sd	1,00	ArF/Ar
4	Ch	0,65	0,35	3,3	1	2,13	ArF/FAr
6	Alg	0,22	0,32	1,3	0,5	1,63	FAr
7**	Alg	sd	sd	sd	sd	sd	FAr
8	Alg	0,29	0,34	1,89	0,69	1,37	FAr

* Suma de Ca, Mg, Na y K= 0.6 meq/100g.
**Datos similares al Sitio 6.
Fuente: Noble¹.

¹ Noble, K. 2007. Com. personal

Finalmente las fechas en que fueron muestreadas las hojas se resumen en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 3: Fechas en que se muestrearon los distintos sitios estudiados.		
Sitio	Fecha 1º muestreo (Sin Fertilizar)	Fecha 2º muestreo (Fertilizado)
1	16 de marzo de 2006	31 de agosto de 2006
2	15 de marzo de 2006	31 de agosto de 2006
3	30 de noviembre de 2006	No se muestreo
4	11 de mayo de 2006	29 de noviembre de 2006
6	28 de setiembre de 2006	No se muestreo
7	28 de setiembre de 2006	No se muestreo
8	28 de setiembre de 2006	No se muestreo

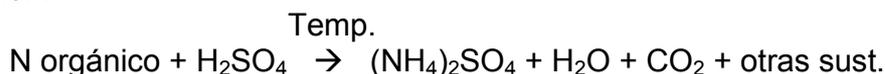
3.2 ANÁLISIS DE LABORATORIO

En el laboratorio las hojas muestreadas se pusieron en bolsas de tela para ser secadas en una estufa de aire forzado a 70°C durante 3 días. Luego las mismas fueron molidas en un molino Micro Waley. Esta molienda fue guardada en bolsas de nylon hasta el momento del análisis. Cuando las muestras debieron ser analizadas, las bolsas de nylon abiertas se colocaron en una estufa a 60°C durante 2 horas para ser secadas nuevamente.

3.2.1 Análisis de N foliar

El N total se determinó por el método Kjeldahl. Este método tiene 3 etapas: digestión, destilación y titulación.²

Digestión: aquí se produce la descomposición de N de compuestos orgánicos mediante una solución acida concentrada. El N orgánico pasa a NH_4^+ por medio de una ebullición con H_2SO_4 concentrado. Los compuestos carbonados se liberan en forma de CO_2 , los minerales se sulfatan y el N como NH_4^+ se combina con el SO_4 y forman $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (sulfato de amonio). El proceso de digestión de una muestra orgánica se simplifica en la siguiente ecuación:

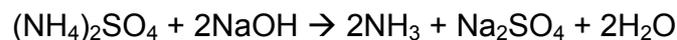


La presencia de catalizadores incrementa la tasa de destrucción de enlaces. Al final del ataque, se tiene en la solución H_2SO_4 sobrante, sales

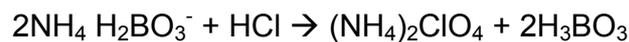
² Barbazan, M. 2006. Com. personal.

sulfatadas de los minerales disueltas (CaSO_4 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$), etc, y el sulfato de amonio.

Destilación: es un método de separación de sustancias basada en diferencias en sus volatilidades. Agregando un exceso de base (NaOH) a la digestión acida para convertir el NH_4^+ a NH_3 gas seguido por una ebullición y condensación de NH_3 gas en una solución receptora.



Titulación de la cantidad de NH_3 en la solución receptora para calcular la cantidad de N en la muestra. Esta titulación mide la cantidad de amoniaco en el destilado mediante la neutralización 1:1 del complejo formado entre el amoniaco y acido bórico. La reacción química es:



El amoniaco es captado por la solución de H_3BO_3 , que forma un complejo estable, esto se observa debido al cambio de color que experimenta la solución de acido bórico, producido por el amoniaco y que alcaliniza la solución progresivamente, a medida que es captado por el acido bórico; esto es visible gracias al indicador. El acido bórico con la mezcla de indicadores vira del rojo púrpura al verde azulado cuando recibe el NH_3 .

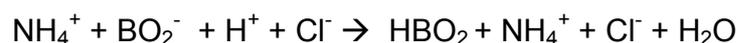
El acido bórico es una solución al 2% de una mezcla de indicadores verde de bromocresol-rojo de metilo. Este indicador es rojizo en medio acido y en medio alcalino es verde azulado.

Por cada molécula de NH_3 absorbido se libera un ion borato:



Posteriormente, el NH_4^+ se determina por titulación con HCl 0.1N hasta que se produce el cambio de color hasta un color rosa muy pálido, anotando el volumen de acido HCl gastado (Gasto).

La reacción que se produce es:



Se consume un H^+ por cada ion amonio o por cada átomo de N por lo tanto el peso equivalente del N es igual al peso atómico.

Luego de que la molienda estuvo completamente seca, se pesó 0.500grs. en una balanza eléctrica y se colocó en los tubos de digestión. Luego se le agregó 1 cucharita de té de mezcla catalizadora (Na_2SO_4 anhidro, 100 g y $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$, 3 g) y 10mlts. de H_2SO_4 . Se llevó al digestor (Tecator) por 2 horas a 380°C , el ataque finalizó cuando el contenido de los tubos quedó translúcido.

Cuando la muestra estuvo digerida se hizo la destilación que consistió en traspasar el contenido de los tubos a los balones de destilación, se le agregó aproximadamente 250ml de agua destilada y unas gotas de fenoftaleina. Luego se prepararon los tubos de Erlenmeyer con 25ml de ácido bórico que fueron colocados en los tubos de desprendimiento del aparato de destilación en donde se recogió el destilado (aproximadamente 100ml). Luego que todo esto estuvo pronto, se le agregaron 40ml de hidróxido de sodio al 50%, al balón de destilación. Finalmente se encendió el mechero para que comenzara la destilación.

Finalmente se valoró el contenido del matraz (el destilado) con HCl 0.1N, hasta que el líquido viró al color rosado. Se anotó el gasto de ácido clorhídrico.

Cálculos:

$(\text{Gasto} - \text{Prueba en Blanco}) \times N (\text{meq/ml}) \times \text{peso molecular N} = \text{mg N}$

$\%N = (\text{mg N} / 500 \text{ mg planta})$.

3.2.2 Técnica de digestión de muestras foliares por vía seca (cenizas)

Por este método se determinaron las concentraciones foliares de P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn y Zn.

Primero se pesó 1 gr de muestra seca y molida, y se colocó en un crisol de porcelana, previamente numerado en el fondo. Los crisoles se colocaron en una plancha eléctrica para quemar la muestra, hasta que dejó de salir humo. Estos crisoles se colocaron en una mufla que se llevó a 200°C , y se mantuvo a esa temperatura durante 1 hora. Luego se elevó la temperatura a 500°C durante 5 horas. Cuando los crisoles se enfriaron se les agregó unas gotas de agua a las cenizas, solo para humedecerlas y evitar proyecciones con el agregado de ácido. Se agregó 5 ml de HCl 20% para que las cenizas se disolvieran. Finalmente se pasaron las cenizas a un aforado de 50 ml, y se llevó a volumen con agua desionizada.

3.2.2.1 Determinación de P foliar

Para la determinación de P se hizo una dilución previa al 1/10 y se determinó por el método del ácido ascórbico. El molibdato de amonio y el tartrato antimonio potásico reaccionan con el ortofosfato de la digestión para formar ácido fosfomolibdico. Este ácido heteropólico es reducido a un azul de molibdeno intenso por el ácido ascórbico. La intensidad del color azul es proporcional a la concentración de fosfato en la solución².

Primero se preparó la solución B (Molibdato + Tartrato + Ascórbico) de la siguiente manera: se colocó 5.3 g de ácido ascórbico en un aforado de 1 litro, se agregó agua destilada hasta la mitad y se agitó. Luego se agregó 255 ml de la solución A, y se agitó por rotación hasta completa disolución. Finalmente se aforó a 1 litro. Para la determinación se pipeteó 2 ml de la digestión foliar (0.5 g de muestra digerida y llevada a un volumen de 250 ml) a un matraz aforado de 50 ml, se agregó agua destilada hasta aproximadamente la mitad. Luego se agregó 8 ml de la solución B y se agitó por rotación. Se aforó y agitó por inversiones sucesivas. Finalmente se leyó en Espectrofotómetro a 882nm después de 1 hora.

3.2.2.2 Determinación de B foliar

Para determinar el B foliar se prepararon los siguientes reactivos: solución buffer, que consistió en disolver 250 gr de acetato de amonio y 15 gr de Na₂EDTA en 400 ml de agua. Luego se agregó 125 ml de ácido acético glacial y se completó 1000ml con agua. Solución de azometina H: se disolvió 1 gr de ácido ascórbico en 80 ml de agua, se agregó 0.45 gr de Azometina H y se completó hasta 100 ml con agua.

El procedimiento para determinar el B foliar fue el siguiente: se pipetó 1 ml de solución de digestión o punto de escala, se le agregó 2 ml de solución buffer, 2 ml de solución de Azometina H y se homogeneizó. Finalmente se leyó en el espectrofotómetro a 460nm luego de 1 hora.

3.2.2.3 Determinación de K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn y Zn foliar

Estos elementos se determinaron por Absorción Atómica y Emisión. Ca y Mg se diluyeron con solución de Lantano.

3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

La posición de la hoja en la copa del árbol fue considerada como tratamiento, aunque esta no había sido sorteada. La diferencia de

concentración de nutrientes entre las hojas de abajo y de arriba (efecto posición) fue analizado por ANAVAs con un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones por tratamiento, evaluándose además el efecto promedio de la posición (ANAVA conjunto para todos los sitios). El modelo usado es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : es la variable de respuesta.

μ : es la media general.

α_i : es el efecto del i -ésimo tratamiento

β_j : es el efecto del j -ésimo bloque.

ϵ_{ij} : es el error experimental.

Para todos los nutrientes evaluados, el ANAVA pre re-fertilización se basó en las concentraciones de los rodales comerciales. El ANAVA post re-fertilización nitrogenada se basó en las concentraciones de los tratamientos que habían recibido 100 kg/ha de N, excepto para N. En este caso la concentración de N de las hojas de abajo y arriba fue analizado mediante un análisis de covarianza (ANCOVA, modelo mixto), donde la dosis fue considerada como una covariable (variable continua) y la posición como clase. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el programa estadístico SAS (SAS Institute, 1985). Se realizaron además análisis de regresión puntuales.

3.4 ANALISIS DRIS

El análisis DRIS fue hecho con el programa Software DRIS versión 1.0 beta experimental disponible en www.potafos.org.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ESTUDIO DE LAS VARIACIONES DE CONCENTRACIONES FOLIARES DE NUTRIENTES DE *Eucalyptus grandis*

4.1.1 Comparación de concentraciones foliares de macro y micronutrientes en plantaciones de *Eucalyptus grandis* de Brasil y Uruguay

El análisis foliar de las hojas del tercio superior de los sitios relevados en el Uruguay de las plantaciones comerciales de *E. grandis* estudiadas en este trabajo mostraron diferencias importantes con los valores considerados representativos de la región de Mogi Guaçu, Estado de São Paulo, Brasil (Cuadro 4). Resulta especialmente destacable la diferencia en concentración de N en hoja, ya que los valores encontrados en las plantaciones estudiadas en Uruguay resultaron muy inferiores. Cuando se re-fertilizaron estas plantaciones, dos años post plantación, las concentraciones de N foliar aumentaron, acercándose bastante a las concentraciones encontradas para Brasil.

Región	N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----%-----					-----mg kg ⁻¹ -----				
Mogi Guaçu(SP) ¹	2.12	0.12	0.48	0.39	0.15	26	6	94	459	36
Uruguay SF	1.40	0.15	0.62	1.10	0.23	41	8	51	325	18
Uruguay Fert c/N	2.00	0.14	0.59	1.01	0.22	41	8	61	298	14

¹Fuente: Silveira, R. L. V. A. et al. (2000).

Las concentraciones foliares de Fe, Mn y Zn encontradas en las plantaciones estudiadas de Uruguay fueron también menores a las de Brasil, y como era de esperar no aumentaron al re-fertilizar estas plantaciones con N. Tampoco lo hicieron las concentraciones foliares de K, Ca, Mg y B, aunque en este caso estas concentraciones fueron mayores que las de Brasil. Además, luego de esta re-fertilización las concentraciones de K y Ca disminuyeron, pero en ningún caso llegaron a ser tan bajas como las de la región de Mogi Guaçu. Esta disminución pudo deberse a la dilución de dichos nutrientes en las hojas, gracias al mayor crecimiento de la masa foliar debido a la re-fertilización. Las mayores concentraciones de K, Ca y Mg encontradas en estas plantaciones de Uruguay son compatibles con las diferencias de concentración de estos

elementos existentes entre los suelos de ambas regiones³ (Cuadro 5). Las concentraciones foliares de los restantes elementos analizados en estas plantaciones comerciales de Uruguay no tuvieron una variación significativa con los valores encontrados para esta región de Brasil.

Cuadro 5. Diferencias en las características de los diferentes suelos en los que se cultivan eucaliptos en la región.						
Suelos usados para eucaliptos en Uruguay						
Suelo	pH	M.O	Ca	K	%Sat.	P
meq /100 g						
Rivera	5.2	1.1	0.5	0.40	30	6
Algorta	5.6	2.0	3.6	0.30	50	5
Cristalino	5.3	4.2	4.3	0.45	40	5
Suelos usados para eucaliptos en Brasil						
Suelo	pH	M.O	Ca	K	%Sat.	P
meq /100 g						
1	4.5	1.5	0.13	0.02	2.1	3
2	4.3	2.9	0.15	0.02	2.1	3
3	3.9	1.4	0.23	0.05	5.6	5
4	4.1	0.9	0.15	0.03	4.4	3
Fuente: Perdomo ⁴ .						

4.1.2 Variaciones de concentraciones foliares de macro y micronutrientes según la posición de la hoja en el árbol

De acuerdo a los resultados de investigadores de Brasil (Silveira et al., 2000), la concentración de nutrientes también varía conforme a la posición de las hojas en las ramas y en la copa, y su concentración puede ser mayor o menor en una posición dependiendo de la movilidad o grado de retranslocación del elemento en la planta. Silveira et al., citados por Silveira et al. (2000) constataron que en Brasil las mayores concentraciones de N, P, K, Mg y Zn, fueron encontradas en el tercio superior de la copa, mientras que las de Ca, B, Cu y Mn en el tercio inferior. Resultados similares se encontraron en las plantaciones comerciales de Uruguay estudiadas en este trabajo, ya que para el promedio de todos los sitios las concentraciones de N, K, Fe, Mn y Zn fueron mayores en el tercio superior, mientras que las de Ca, Mg y B fueron mayores en el tercio inferior (Cuadro 6), aunque algunas de estas diferencias no fueron estadísticamente significativas. Lamb (1976) también observó en *E. deglupta*, que las concentraciones de Ca y Mg tendieron a aumentar con la edad de la hoja, es por esto que dichas concentraciones fueron mayores en hojas de

³ Zamalvide, J. 2007. Com. personal.

⁴ Perdomo, C. 2007. Com. personal.

ramas más bajas de la copa. Finalmente las concentraciones de P fueron similares en los dos tercios, mientras que las de Cu mostraron la tendencia opuesta a lo observado por Silveira, aunque las diferencias fueron mínimas (Anexos 1 y 2), en cambio Herbert (1996) también encontró que las hojas más viejas son las que tienen menores contenidos de Cu.

Para el caso del N los resultados que se encontraron aquí también coinciden con lo visto por Alway et al., Mc Vicker, citados por Bell y Ward (1984b), Leuning et al. (1991), Pereira et al., citados por Wendler et al. (1995). Finalmente Knight (1988) también afirma que las concentraciones de N y K tienden a disminuir con la edad de la hoja en *E. fastigata*.

Cuadro 6. Concentración promedio de nutrientes en función de la posición de las hojas en la copa de <i>E. grandis</i> para sitios representativos de Brasil y Uruguay.				
Nutriente	Posición de la hoja en la copa			
	Brasil ¹		Uruguay	
	Tercio Superior	Tercio Inferior	Tercio Superior	Tercio Inferior
	-----Macronutrientes (%)-----			
N	2.14	1.87	1.40	1.29
P	0.12	0.09	0.15	0.15
K	0.82	0.49	0.62	0.61
Ca	0.5	0.85	1.10	1.50
Mg	0.2	0.17	0.23	0.26
	-----Micronutrientes (mg/kg)-----			
B	12	17	41	48
Cu	5	6	8	8
Fe	112	119	51	48
Mn	793	1674	325	320
Zn	14	10	18	16

¹Fuente: Silveira et al. (2000).

Cuando se analizó esta información por sitio antes de la re- fertilización, en el caso del K, P, Cu, Fe y Mn no existieron diferencias significativas entre las concentraciones foliares del tercio superior e inferior en ningún sitio. Para el caso del Mg, la mayor concentración de este elemento en el tercio inferior se observó solamente en el Sitio 8 y existió una tendencia en el Sitio 7 ($P \leq 0.1$). En el caso del Ca y el B en la mayoría de los sitios se observaron diferencias significativas, o una tendencia ($P \leq 0.1$) hacia mayores concentraciones en las hojas inferiores. Estos resultados no se muestran, pero se incluyen en los anexos 1 y 2 (Cuadros 13 y 15). En el resto, las diferencias de concentración pre re- fertilización en función de la posición de la hoja fueron menos importantes, o no se mantuvieron al re- fertilizar con N, lo que indicaría complejas interacciones entre procesos de dilución y transporte.

4.1.3 Efecto de la re-fertilización nitrogenada en la distribución de N entre el tercio inferior y superior de la copa

De los siete sitios evaluados en Uruguay, se observó que antes de la re-fertilización la concentración de N fue significativamente superior en el tercio superior solo en los Sitios 1 y 7, aunque también en el promedio de los sitios existió una tendencia en ese sentido ($P \leq 0.1$) (Cuadro 7). Luego de la re-fertilización nitrogenada, las concentraciones de N foliar para la dosis de 100 kg/ha de N aumentaron en ambos tercios en los tres sitios fertilizados, pero en ningún sitio se vio una diferencia significativa de concentración entre el tercio superior y el inferior, salvo para el promedio de estos tres sitios donde nuevamente existió esta tendencia ($P \leq 0.1$) (Cuadro 7).

A través de los sitios, existió una estrecha relación entre la concentración de N del tercio inferior y superior, la cual se mantuvo luego de la fertilización para los tres sitios fertilizados, a pesar de que estos sitios incrementaron su concentración de N con respecto al valor pre-fertilización (Fig. 2). Además, esta relación estuvo muy cerca de la relación 1:1, lo que indica que ambos tercios podrían ser utilizados para realizar diagnóstico foliar para N.

Cuadro 7. Concentración de nitrógeno en función de la posición de las hojas en la copa de *E. grandis* pre y post re-fertilización con N. La re-fertilización se realizó 2 años post-plantación, y el segundo muestreo 6 meses post- re fertilización.

Sitio	Posición de la hoja en la copa			
	Pre re-fertilización con N		Post re-fertilización con 100 kg/ha de N	
	Tercio Inferior	Tercio superior	Tercio Inferior	Tercio superior
	-----N (%)-----			
1	0.89 a	1.26 b	1.94 a	2.10 a
2	1.19 a	1.09 a	2.02 a	2.29 a
3	1.65 a	1.66 a	SD	SD
4	1.03 a	0.91 a	1.70 a	1.58 a
6	1.26 a	1.51 a	SD	SD
7	1.35 a	1.69 b	SD	SD
8	1.67 a	1.69 a	SD	SD
Promedio	1.29 a	1.40 a†	1.89 a	1.99 a†

Letras distintas en la misma fila significan diferencias significativas a $P \leq 0.05$;

Letras iguales seguidas de † denotan diferencias significativas a $P \leq 0.10$.

La interacción sitio x tratamiento no fue significativa.

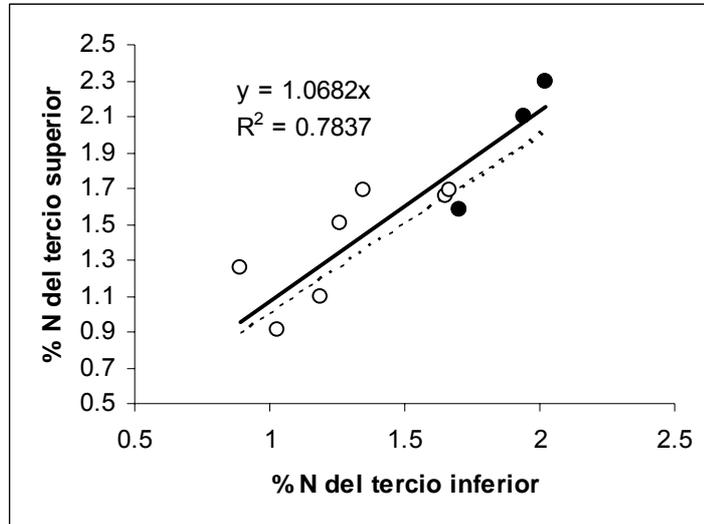


Figura 2. Relación entre la concentración de N de las hojas de tercio inferior y superior de la copa. Los círculos blancos representan todos los sitios antes de la re- fertilización, mientras que los círculos negros representan la concentración de N para la dosis de 100 kg/ha de los sitios 1,2 y 4 luego de la re- fertilización. La línea entera representa la recta de regresión entre ambos tercios, mientras que la línea punteada es la relación 1:1.

Se consideró además el efecto conjunto de las tres dosis de N en las concentraciones foliares de N de los tercios superior e inferior de la copa a través de un análisis de comparación de rectas de regresión (ANCOVA). Se observó que, independientemente de la dosis, en los tres sitios existieron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) o tendencias ($P = 0.1$) entre las posiciones, con una tendencia hacia mayores concentraciones de N en el tercio superior (Cuadro 8 y Fig. 3). En los Sitios 2 y 4, se observó un incremento significativo de la concentración de N en hojas, independientemente de la posición (efecto dosis). Además, en el Sitio 4 se vio un efecto significativo de la interacción dosis x posición, lo que implica que el incremento de concentración de N en hojas fue superior en el tercio inferior (Cuadro 8 y Fig. 3).

El análisis conjunto de todos estos resultados indica que la concentración de N de las hojas superiores tendió a ser levemente mayor a la de las inferiores, y que la fertilización nitrogenada no varió consistentemente esta relación. Por lo tanto, se podría llegar a conclusiones ligeramente diferentes cuando se utiliza una u otra zona de la copa para realizar diagnósticos nutricionales de este nutriente. La mayor deficiencia de las hojas inferiores podría indicar que estas serían mejores indicadores de estas deficiencias. De todas maneras, desde el punto de vista práctico, estas diferencias no serían importantes.

En la mayoría de estos experimentos se evaluó también como alternativa a la determinación de %N en planta el índice de clorofila, determinado con el espectrómetro de bolsillo SPAD 502 de Minolta. Sin embargo los resultados obtenidos muestran una pobre correlación entre estos índices por lo que los resultados no se presentan.

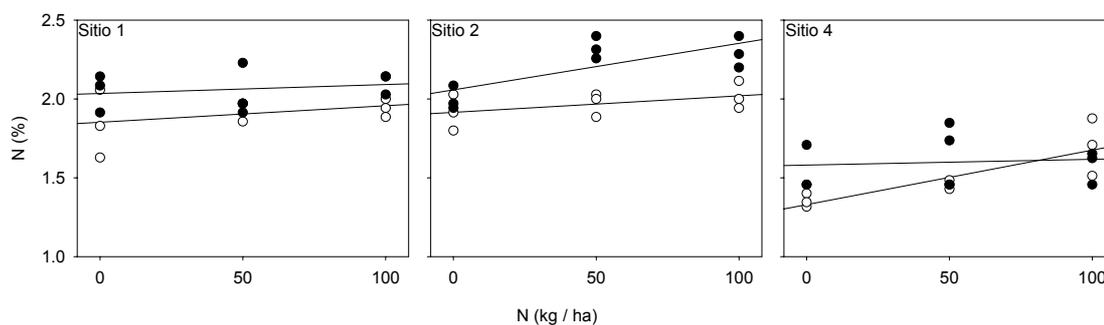


Figura 3. Relación entre la dosis de N de re-fertilización y la concentración de N de las hojas del tercio inferior (círculos blancos) y del superior (círculos negros) de la copa para los Sitios 1, 2 y 4. La concentración de N de las hojas fue determinada 6 meses post re-fertilización.

Cuadro 8. Análisis de comparación de rectas de regresión entre la dosis de N y el % de N de hojas del tercio inferior y superior del árbol. La dosis de N fue ingresada como una variable continua al modelo.

Sitio	Fuente de						
	Var.	Modelo	Bloque	Pos	Dosis	Dosis x Pos	Error
1	C. M.	0.03803758	0.02777822	0.05992935	0.01964414	0.00169932	0.01259385
	GL	5	2	1	1	1	12
	F	3.02	2.21	4.76	1.56	0.13	
	P	0.0542	0.1528	0.0498	0.2355	0.7198	
2	C. M.	0.08313527	0.00684260	0.03670531	0.11990402	0.02718912	0.01191790
	GL	5	2	1	1	1	12
	F	6.98	0.57	3.08	10.06	2.28	
	P	0.0028	0.5779	0.1047	0.0080	0.1568	
4	C. M.	0.04756267	0.00749156	0.11290036	0.10982533	0.07114800	0.02018437
	GL	5	2	1	1	1	12
	F	2.36	0.37	5.59	5.44	3.52	
	P	0.1039	0.6976	0.0357	0.0379	0.0850	

4.1.4 Efecto de la re-fertilización nitrogenada en la distribución de macro y micronutrientes entre el tercio inferior y superior de la copa

Las diferencias de concentración de nutrientes existentes entre el tercio superior e inferior de la copa pueden verse afectadas por la fertilización nitrogenada, debido por ejemplo a efectos de dilución. El P siguió una tendencia similar a la del N ya que luego de la re-fertilización existieron mayores concentraciones en las hojas de arriba en los Sitios 1 y 2 (Fig. 4) y en el promedio (Cuadro 14 en el anexo 1). El Sitio 4 mostró la tendencia contraria, pero ya habían existido diferencias entre este sitio y los demás en el caso de N. Es importante señalar que previo a la re-fertilización no habían existido diferencias, por lo que es posible interpretar que la mayor absorción de N provoco también una mayor translocación de P hacia las hojas superiores, ya que es un elemento móvil dentro de la planta. Resultados similares fueron obtenidos por Grove et al. (1996), Bennett et al. (1996) trabajando en varias especies de eucaliptos. En cambio Schönau (1982) trabajando con *E. grandis* encontró el resultado contrario ya que la aplicación de N mediante NAC, disminuyó el P foliar.

En el caso de los nutrientes más inmóviles dentro de la planta, como Ca y B, se observaron las mismas tendencias que previo a la re-fertilización, es decir que las concentraciones fueron significativamente superiores en el tercio inferior de la copa (Fig. 4).

Para el Fe, luego de la re fertilización en los Sitios 1 y 4 la concentración fue mayor en el tercio superior y en el Sitio 2 fue superior en el tercio inferior (Fig 4). En el resto de los nutrientes también existieron cambios por la re-fertilización, por ejemplo las concentraciones de K tendieron a disminuir en el tercio superior y las de Mg en los dos tercios, desapareciendo las diferencias observadas pre re-fertilización. Estas tendencias si bien no se muestran están incluidas en los Cuadros 14 y 16 que se incluyen en los anexos 1 y 2. Otros autores han encontrada que en general el N tiene generalmente un efecto depresivo en la concentración foliar de la mayoría de los nutrientes, como Ca, Mg y Mn (Knight, 1988), Mg y Cu (Schönau 1981, Schönau 1982, Grove 1990).

Las diferencias pre re-fertilización observadas en la concentración de K, Mg y Fe entre las hojas de arriba y abajo de la copa ocurrieron solo en algunos de los sitios evaluados. Algo similar ocurrió para el caso del Ca post re-fertilización. Esta variabilidad de los resultados entre sitios se evidenció también en el resultado del ANOVA conjunto para todos los sitios, donde la interacción sitio x tratamiento fue estadísticamente significativa. Las posibles causas de este comportamiento diferencial entre sitios no son conocidas, y la información

disponible no es suficiente para intentar su análisis. De todas maneras, el estudio de estas relaciones no fue un objetivo primordial de este trabajo.

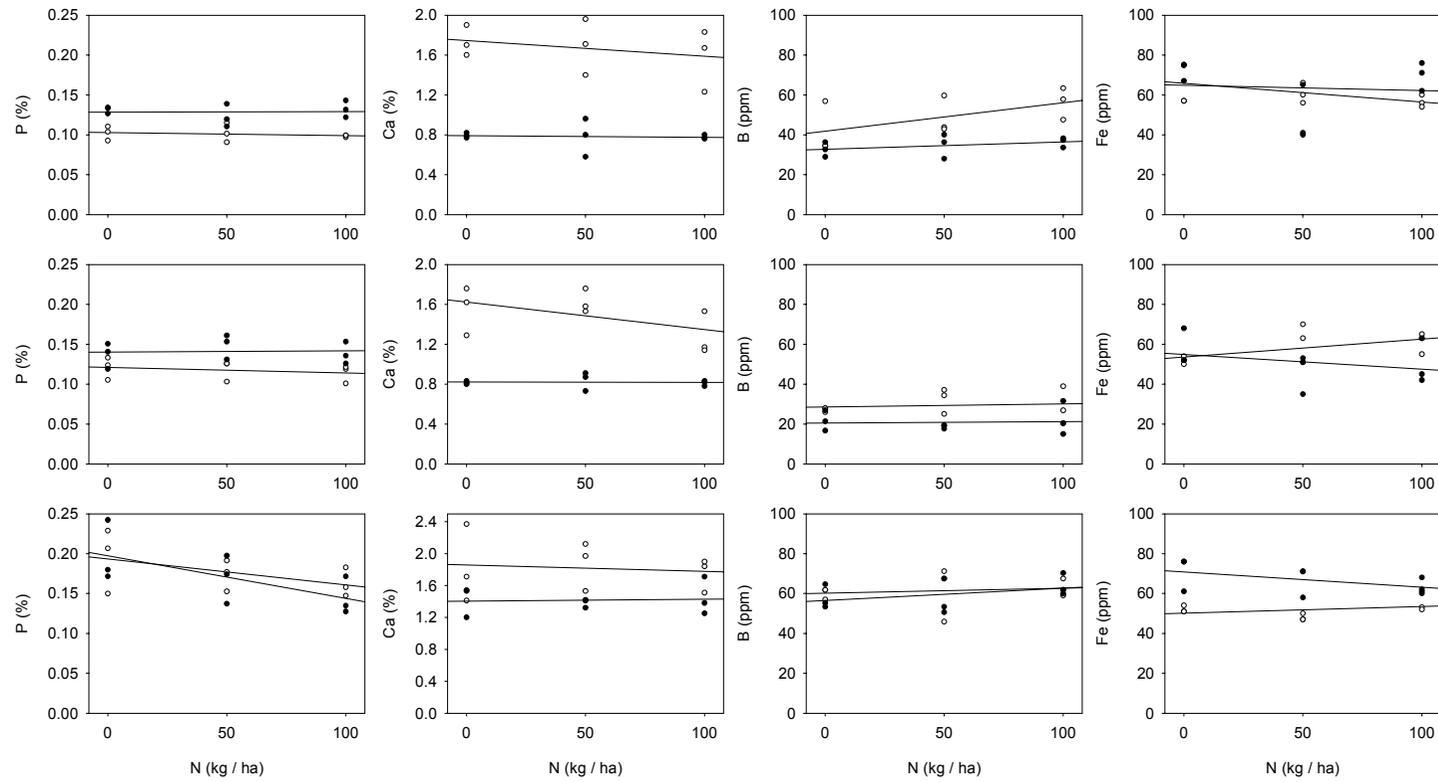


Figura 4. Relación entre la dosis de N de re-fertilización y la concentración de P, Ca, B y Fe de las hojas del tercio inferior (círculos blancos) y del superior (círculos negros) de la copa para los Sitios 1, 2 y 4. La concentración de estos nutrientes en las hojas fue determinada 6 meses post re-fertilización.

4.2 DIAGNOSTICO NUTRICIONAL DE PLANTACIONES DE EUCALIPTOS EN BASE AL ANÁLISIS FOLIAR

4.2.1 Comparación entre los rangos foliares de varios nutrientes observados en el Uruguay y los rangos considerados adecuados y críticos en el Brasil

Silveira et al. (2000) han recopilado distintos rangos de concentraciones foliares o niveles críticos de varios nutrientes, en distintas plantaciones en Brasil. Cuando se compararon estos valores con los rangos observados en las plantaciones comerciales de *E. grandis* en Uruguay estudiadas aquí (Cuadro 9), se observó que el N sería el nutriente más deficiente en nuestras condiciones. Esto estaría de acuerdo con lo reportado previamente, (Cuadro 4). También se observaron en estas plantaciones comerciales de Uruguay niveles inferiores a los considerados óptimos para K y Fe. En el caso de K, este resultado resulta sorprendente, ya que los valores de concentración de este nutriente tanto en planta (Cuadro 4) como en suelo (Cuadro 5) son claramente superiores a las de Brasil, además según Bell y Ward (1984b), Knight y Nicholas (1996) la época en que fueron muestreadas estas hojas no sería la época en que el K se encuentra en menores concentraciones dentro del árbol. Los restantes elementos se encontraron dentro de la faja adecuada, a excepción del Ca (la mayoría de los árboles fueron muestreados durante la primavera, que según Bell y Ward (1984b) en esta época es cuando el Ca se encuentra en altas concentraciones dentro del árbol) y del B, ya que algunos valores de estos nutrientes se encontraron por encima de los rangos adecuados estipulados para Brasil, este resultado concuerda con la información presentada en el Cuadro 4.

Cuadro 9. Rangos de concentraciones foliares adecuados y deficientes para los distintos nutrientes, para distintas plantaciones en Brasil y rangos máximos y mínimos para las plantaciones comerciales estudiadas en Uruguay.						
Elemento	Faja adecuada*			Faja deficiente*		Rango para Uruguay
	Malavolta et al.(1997) ¹	Dell et al. (1995) ²	Silveira et al. (1998, 1999) ²	Malavolta (1987) ³	Silveira et al. (1998, 1999) ²	Min. – Max
-----Macronutrientes (%)-----						
N	2.1 - 2.3	1.8 - 3.4	2.2 - 2.7	0.8 - 1.3	<1.6	0.35 -1.80
P	0.13 - 0.14	0.1 - 0.22	0.17 - 0.22	0.04 - 0.08	< 0.11	0.08 – 0.22
K	0.9 - 1	0.9 - 1.8	0.85 - 0.9	0.6 - 0.8	< 0.7	0.39 – 0.96
Ca	0.5 - 0.6	0.3 - 0.6	0.71 - 1.1	0.15 – 0.2	< 0.21	0.79 – 1.78
Mg	0.25 – 0.3	0.11 - 0.21	0.25 - 0.28	0.15 – 0.2	< 0.21	0.14 – 0.31
-----Micronutrientes (mg/Kg)-----						
B	25 - 30	15 - 27	34 - 44	15 - 20	< 21	25 – 69
Cu	7 – 10	2 - 7.4	6 - 7	4 – 6	< 4	6 – 11
Fe	100 - 140	63 - 128	65 - 125	75 - 100	X	24 – 96
Mn	300 - 400	193 - 547	200 - 840	<100	X	244 – 639
Zn	12 - 17	17 - 42	15 - 20	20 - 30	<7	13 – 24
¹ Datos referentes a poblaciones de <i>E. grandis</i> con alta productividad de madera; ² Datos referentes a poblaciones de <i>E. grandis</i> ; y ³ Datos medios para especies de <i>Eucalyptus</i> mas plantados en Brasil. *Fuente: Silveira et al. (2000).						

4.2.2 Diagnostico nutricional de plantaciones en base a las metodologías de DRIS, Nivel Crítico y Relación N/P

4.2.2.1 Diagnostico en base a las concentraciones de nutrientes de las hojas del tercio superior de la copa previo a la re- fertilización

La metodología DRIS es usada para establecer cual de los nutrientes están en exceso y cuales son insuficientes en una plantación. Si se encuentran nutrientes en exceso, no hay manera posible de corregir esta situación, ya que no se pueden “sacar” estos nutrientes de la plantación. En el caso contrario de que halla insuficiencia de nutrientes, si se puede corregir este defecto, ya que se le agregaría el nutriente deficiente. Esto seria adecuado cuando el factor nutricional es lo que limita el rendimiento de la plantación, pero cuando la limitante son otros factores, tales como clima, malezas, etc., no serviría de nada agregar nutrientes, ni tampoco tendría sentido el diagnostico nutricional por medio de DRIS, ya que la identificación de los nutriente deficientes, y la

aplicación de los mismos mediante la fertilización, para corregir dichas deficiencias, no cambiaría la situación de bajos rendimientos.

Según DRIS el Sitio 1 fue el más balanceado nutricionalmente (Cuadro 10 y Anexo 3). De todas maneras, el N habría sido el nutriente más deficiente en este sitio lo que coincidió con el diagnóstico del nivel crítico, que además marcó también al P como deficiente. Finalmente se observó exceso de Mn. En el Sitio 2, el índice de balance nutricional (IBN) fue también bajo, siendo superior solo al del sitio anterior, lo que indica que estos dos sitios ubicados en suelos arenosos de Rivera tuvieron un buen balance nutricional. En este sitio DRIS marcó también una deficiencia de N, sumado a una probable deficiencia de B. Lo anterior mencionado coincidió con los niveles críticos, agregando este estudio además una deficiencia de Fe. En este sitio también se vio un exceso de Mn. En el otro sitio del departamento de Rivera (Sitio 3), el IBN fue medio, siendo el nutriente más deficiente el K. El nivel crítico marcó además bajo contenido de N, P y Fe. El Cu, en cambio, se encontró en exceso.

El Sitio 4, ubicado al N del departamento de Paysandú, fue el más desbalanceado nutricionalmente, siendo el nutriente más deficiente el N. El nivel crítico además de esta deficiencia marcó también deficiencias de K, Fe y Mg. DRIS también marcó exceso de Ca, y el nivel crítico además marcó exceso de P, B y Zn. En los Sitios 6 y 7, ubicados al S del departamento de Paysandú y muy cercanos entre sí, el DRIS identificó en ambos deficiencia de K y probable de Fe. El nivel crítico marcó también niveles bajos de estos elementos, más el N. En el Sitio 6 tanto DRIS como el nivel crítico identificaron exceso de Ca. En el Sitio 7 existió exceso de Mn según DRIS y excesos de Ca y Zn según el nivel crítico. En el Sitio 8, ubicado también en la misma área, el DRIS identificó deficiencia de K y el nivel crítico agregó además bajo contenido de N, Mg y Fe. En este sitio se vio exceso de Mn según DRIS, y de Zn según el nivel crítico.

Cuadro 10. Diagnostico foliar por nivel critico y DRIS para las hojas del tercio superior de la copa de distintos sitios de plantaciones de <i>E. grandis</i> de las zonas Litoral Oeste y Norte del Uruguay previo a la re- fertilización.												
Nº Sitio	Variable	N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn	IBN
1	Tenor Foliar	12.6	1.1	8.9	8.9	2.8	35.5	7.7	77.7	294	19.7	82.1
	Clasif. NC	Ba	Ba	B	B	B	B	B	B	B	B	
	Indice DRIS	-26	-7	-4	3	2	-4	10	0	17	8	
	Clasif. DRIS	D	E	E	E	E	E	PEX	E	Ex	PEX	
2	Tenor Foliar	10.9	1.3	8.3	8.9	2.7	26.6	7	56	261	14	95.9
	Clasif. NC	Ba	B	B	B	B	Ba	B	Ba	B	B	
	Indice DRIS	-27	3	-2	9	6	-11	12	-6	18	-1	
	Clasif. DRIS	D	E	E	E	E	PD	PEX	E	Ex	E	
3	Tenor Foliar	16.6	0.9	5.7	10.7	2.2	33	10.3	55.7	302	16.3	131
	Clasif. NC	Ba	Ba	Ba	B	B	B	Ex	Ba	B	B	
	Indice DRIS	-8	-13	-23	14	-7	-6	27	-9	23	2	
	Clasif. DRIS	E	E	D	PEX	E	E	Ex	E	PEX	E	
4	Tenor Foliar	9.1	2.1	6.8	16.2	1.9	62.1	6	45.3	336	20	243.7
	Clasif. NC	Ba	Ex	Ba	Ex	Ba	Ex	B	Ba	B	Ex	
	Indice DRIS	-59	21	-19	39	-20	21	1	-24	28	12	
	Clasif. DRIS	D	E	E	Ex	E	E	E	E	PEX	E	
6	Tenor Foliar	15.1	1.8	5.2	11	2.5	48.5	6.7	41.3	416	15.3	112.8
	Clasif. NC	Ba	B	Ba	Ex	B	B	B	Ba	B	B	
	Indice DRIS	-11	16	-26	18	1	12	9	-19		1	
	Clasif. DRIS	E	PEX	D	Ex	E	E	E	PD	E	E	
7	Tenor Foliar	16.9	1.6	4.1	11.6	2.2	43.2	9	36	334	20.3	194.6
	Clasif. NC	Ba	B	Ba	Ex	B	B	B	Ba	B	Ex	
	Indice DRIS	-8	10	-49	19	-8	6	20	-32	29	14	
	Clasif. DRIS	E	E	D	E	E	E	PEX	PD	Ex	E	
8	Tenor Foliar	16.9	1.7	4.2	9.6	1.8	36.1	9.3	42	328	20.7	183.4
	Clasif. NC	Ba	B	Ba	B	Ba	B	B	Ba	B	Ex	
	Indice DRIS	-6	13	-44	11	-18	-1	23	-22	29	16	
	Clasif. DRIS	E	E	D	E	E	E	PEX	PD	Ex	E	
B- Bueno E- Equilibrado Ba- Bajo Ex –Exceso D- Deficiente P- Probable.												

En resumen, se observó que en general según DRIS los nutrientes más deficientes fueron el N y el K (Cuadro 10 y Anexo 3). También se observó que los nutrientes que se encontraron mayormente en exceso fueron el Ca el Mn y el Cu. Coincidiendo con el diagnostico anterior, el nivel crítico identificó que el

N y el K fueron los nutrientes más deficientes, aunque también agregó al Fe que no había sido considerado como deficiente por el DRIS. Al igual que el DRIS, esta metodología identificó al Ca como presente en exceso, pero agregó además al Zn.

La relación N/P fue inferior al valor crítico (valor de 15, rango de 13 a 18), señalando por tanto deficiencia de N en todos los sitios, excepto en el Sitio 3 donde fue superior al valor crítico (Cuadro 11). En este sitio el diagnóstico de N/P coincidió con el de DRIS. El diagnóstico N/P también coincidió con el DRIS en los Sitios 1, 2 y 4, donde el DRIS identificó deficiencia. En cambio en los Sitios 6, 7 y 8 el DRIS no marcó deficiencia, pero la relación N/P sí, ya que el valor observado había sido inferior a la relación crítica. Por otra parte el nivel crítico identificó deficiencia de N en todos los sitios, por lo que solo difirió con la relación N/P en el Sitio 3. La causa de la diferencia de diagnóstico entre el DRIS y la relación N/P no se debe a una diferencia del valor de la norma N/P del DRIS (que es 15,9 con respecto a 15), sino posiblemente a la influencia de las demás relaciones de los otros nutrientes con respecto a N que integran el índice de N del DRIS.

Cuadro 11. Relación N/P en función de la posición de las hojas en la copa de <i>E. grandis</i> pre y post re-fertilización con N.				
Sitio	Pre re-fertilización con N		Post re-fertilización con N	
	Tercio Inferior	Tercio superior	Tercio Inferior	Tercio superior
	----- % -----			
1	7.4	11.4	19.4	16.1
2	9.1	8.4	18.4	16.4
3	20.6	18.4	SD	SD
4	5.4	4.3	10.6	11.3
6	7.0	8.4	SD	SD
7	7.5	10.6	SD	SD
8	8.8	9.9	SD	SD
Promedio	8.6	9.3	15.7	14.2

4.2.2.2 Diagnóstico en base a las concentraciones de nutrientes de las hojas del tercio superior de la copa post re- fertilización

Luego de la re- fertilización con N desaparecieron las deficiencias de N (Cuadro 12 y Anexo 4) en los Sitios 1 y 2, tanto según DRIS como por el nivel crítico. En el Sitio 4, en cambio, desapareció la deficiencia de N solo de acuerdo con DRIS. De acuerdo a la relación N/P, la deficiencia de N desapareció en todos los sitios excepto en el 4, coincidiendo con el nivel crítico pero no con el DRIS (Cuadro11). De todas maneras, este resultado indica que el fertilizante

nitrogenado agregado fue absorbido por las plantas, incrementando la concentración de N foliar. Esto también lo observaron Lamb (1977), Bell y Ward (1984a), Yost et al. (1987), Leuning et al. (1991), Judd et al. (1995), Shedley et al. (1995), Grove et al. (1996), Bennett et al. (1996).

Luego de esta re-fertilización, los nutrientes que aparecieron como más deficientes según los índices DRIS fueron el K en los Sitios 1 y 4 y el B en el Sitio 2. El nivel crítico, en cambio, marcó al K como deficiente en todos los sitios, al Fe y Zn en los Sitios 1 y 2, al B en el Sitio 2, y finalmente al N y Mg en el Sitio 4. Los nutrientes identificados en exceso según DRIS fueron el Mn en los Sitios 1 y 2 y el Ca en el Sitio 4. Según el nivel crítico, en cambio, estos serían el N en el Sitio 2 y el Ca y Cu en el Sitio 4.

Con la fertilización nitrogenada, se observó una disminución del IBN en dos de los sitios, y un aumento en el Sitio 2. Esta disminución en el IBN significa que la re-fertilización nitrogenada disminuyó la cantidad de nutrientes que estaban insuficientes y en algún caso en exceso, quedando la mayor cantidad de nutrientes próximos a su concentración óptima en la planta. El sitio más desbalanceado (Sitio 4), mostró un importante descenso (30%). Este descenso sería esperable, ya que previo a la re-fertilización el nutriente más limitante era justamente el N. En el Sitio 1 el IBN también descendió, aunque en una proporción menor, ya que partía de un nivel muy bajo. En este sitio también el N era el nutriente más deficiente. En el Sitio 2, en cambio, la re-fertilización nitrogenada produjo un incremento del IBN a pesar de que el N era el nutriente más deficiente. A diferencia de los demás en este sitio pasó a ser más deficiente el B. Este resultado pudo haber sido ocasionado por el hecho de que el B foliar es inmóvil y con el aumento de crecimiento provocado por la re-fertilización nitrogenada no pudo ser translocado a las hojas superiores. La concentración de B foliar en este sitio fue inferior a la de los otros dos, y fue aun menor en las hojas del tercio superior de la copa luego de la re-fertilización (Cuadro 12 y Figura 4).

Cuadro 12. Diagnostico foliar por nivel critico y DRIS para las hojas del tercio superior de la copa de distintos sitios de plantaciones de *E. grandis* re-fertilizados de las zonas Litoral Oeste y Norte del Uruguay.

Sitio		N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn	IBN
1	Tenor Foliar	20.6	1.3	6.5	7.8	2.4	34.6	7.8	63.6	303	13.2	71.1
	Clasif. NC	B	B	Ba	B	B	B	B	Ba	B	Ba	
	Indice DRIS	3	0	-16	0	-3	-4	12	-5	21	-8	
	Clasif. DRIS	E	E	D	E	E	E	PEX	E	Ex	PD	
2	Tenor Foliar	22.1	1.4	6.3	8.2	2.7	20.9	7.4	51.2	261	13.4	108.5
	Clasif. NC	Ex	B	Ba	B	B	Ba	B	Ba	B	Ba	
	Indice DRIS	9	5	-15	4	5	-23	14	-10	17	-5	
	Clasif. DRIS	E	E	PD	E	E	D	PEX	E	Ex	E	
4	Tenor Foliar	16	1.7	5.5	14.2	1.7	59.6	10.4	67	299	16.1	175.9
	Clasif. NC	Ba	B	Ba	Ex	Ba	B	Ex	B	B	B	
	Indice DRIS	-16	7	-33	25	-28	16	22	-7	18	-4	
	Clasif. DRIS	E	E	D	Ex	PD	E	PEX	E	PEX	E	

B- Bueno E- Equilibrado Ba- Bajo Ex –Exceso D- Deficiente P- Probable.

4.2.2.3 Diagnostico en base a las concentraciones de nutrientes de las hojas del tercio inferior de la copa pre y post re- fertilización

Cuando se analizó con la metodología de DRIS las hojas del tercio inferior, se vio que en la mayoría de los casos los resultados coincidieron con las del tercio superior. La excepción fue el Ca, ya que las hojas de abajo marcaron exceso ó probable exceso de este elemento en sitios en que las hojas de arriba no lo marcaron, tal es el caso de los Sitios 2, 7 y 8 (Anexo 5). Esto puede ser debido a que el Ca como es un nutriente inmóvil se concentró mayormente en las hojas de abajo. Lo mismo sucedió luego de la re-fertilización nitrogenada para los Sitios 1 y 2 (Anexo 6).

En forma opuesta, los índices DRIS no detectaron el probable exceso de Cu que si marcaron las hojas de arriba en varios sitios, tanto antes como después de la re- fertilización. Esto pudo deberse a que el Cu se concentró mayormente en las hojas de arriba (Cuadros 15 y 16 del anexo 2).

Para el caso del nivel crítico, cuando se analizó las hojas del tercio inferior se detecto también exceso de Ca en los Sitios 3 y 8, que las hojas de arriba no lo habían detectado. Esto también pudo ser debido a que las hojas de abajo tuvieron mayores concentraciones de Ca que las de arriba, como se vio

anteriormente. El nivel crítico agregó también deficiencias de Fe en las hojas de abajo para todos los Sitios (excepto en el Sitio 2 antes de la re- fertilización). Esto coincide con lo ilustrado en los Cuadros 15 y 16 del anexo 2, de que las mayores concentraciones de Fe se encontraron en el tercio superior.

En el Sitio 7 las hojas de abajo marcaron deficiencias de Zn, mientras que las de arriba mostraron exceso de este elemento. En los Sitios 4 y 8 las hojas de abajo no mostraron deficiencias de Zn, pero tampoco el exceso que evidenciaron las hojas de arriba. Las hojas de abajo muestran deficiencias de este elemento en los Sitios 2 y 6, pero paradójicamente también muestran exceso en el Sitio 3. De todas maneras, resulta claro que el Zn se localizó mayormente en las hojas de arriba, como puede verse en forma de una débil tendencia en los Cuadros 15 y 16 del anexo 2. Este resultado era esperado ya que lo mismo observó Lamb (1976) en *E. deglupta*.

Luego de la re- fertilización nitrogenada el nivel crítico siguió mostrando exceso de Ca en la hojas de abajo, además este análisis no marcó el exceso de N que marcaron las hojas de arriba en el Sitio 2 luego de la re- fertilización.

Previo a la re- fertilización existió una estrecha relación entre el IBN determinado con las hojas del tercio inferior y del superior, excepto en el Sitio 6 donde en el tercio inferior existió un gran desbalance nutricional (Fig. 5). La principal diferencia fue que las hojas de abajo tuvieron una gran deficiencia de N, lo que se explica por la movilidad de ese nutriente y su tendencia a concentrarse en la zona de crecimiento. Además se observa que a medida que el IBN aumenta, también se incrementa la diferencia entre las hojas de arriba y de abajo, debido al mayor incremento del IBN de las hojas inferiores. En la Figura 5 también se aprecia que los sitios más desbalanceados antes de la re- fertilización continuaron siendo también los más desbalanceados luego de la re- fertilización.

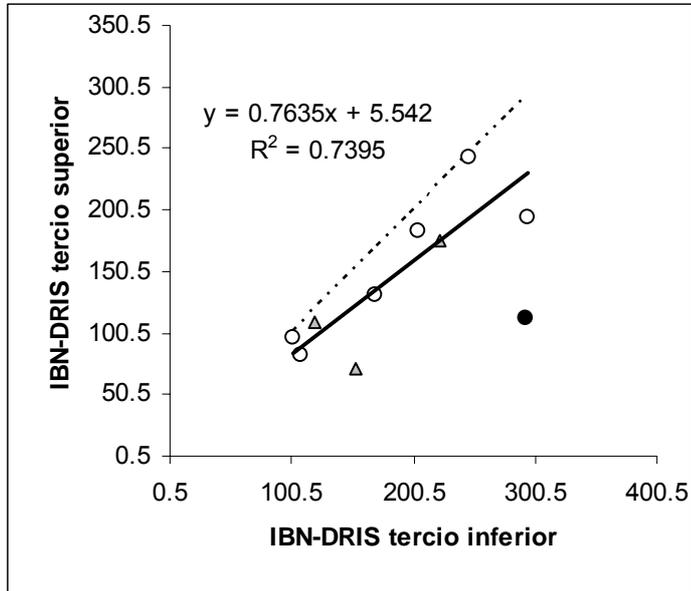


Figura 5. Relación entre el IBN de las hojas del tercio inferior y el IBN de las hojas del tercio superior antes y después de la re- fertilización. Los círculos blancos significan la relación antes de la re- fertilización. Los triángulos significan la relación luego de la re- fertilización.

5. CONCLUSIONES

Las concentraciones de N en las plantaciones comerciales de *E. grandis* en Uruguay estudiadas en este trabajo fueron mas bajas que las encontradas en plantaciones de Brasil. Lo mismo ocurrió con las concentraciones foliares de Fe, Mn y Zn. Por el contrario las concentraciones foliares de K, Ca, Mg y B en dichas plantaciones comerciales del Uruguay fueron mayores que las encontradas para las plantaciones de Brasil, las concentraciones foliares de los restantes elementos analizados no tuvieron una variación significativa con los valores encontrados para Brasil.

El promedio de concentración de N foliar que se encontró antes de la re-fertilización nitrogenada fue de 1.40% para el tercio superior y de 1.29% para el tercio inferior, demostrando esto que en las plantaciones comerciales de *E. grandis* en Uruguay estudiadas aquí, las hojas del tercio superior contienen mas N que las hojas del tercio inferior. Luego de la re- fertilización nitrogenada las concentraciones de N foliar aumentaron, siendo el promedio para el tercio superior de 1.99% y para el tercio inferior de 1.89%, no desapareciendo la mencionada tendencia de que las hojas del tercio superior contienen mayores concentraciones de N.

La concentración promedio de P foliar antes de la re- fertilización nitrogenada en las plantaciones de *E. grandis* estudiadas en Uruguay, fue de 0.15% tanto en las hojas del tercio superior como en las del tercio inferior, o sea que antes de dicha re fertilización no hubo diferencia en la concentración de P foliar entre las hojas de la parte superior y las de la parte inferior de la copa. Luego de la re- fertilización nitrogenada la concentración promedio de P foliar fue de 0.14% para las hojas del tercio superior y de 0.12% para las hojas del tercio inferior (con dosis 100Kg/N/Ha). La fertilización nitrogenada provoca un aumento en la concentración de P foliar en las hojas del tercio superior, demostrando una mayor concertación de este elemento en las hojas del tercio superior.

Para los demás elementos, previo a la re- fertilización nitrogenada, las concentraciones foliares de K, Cu, Fe, Mn y Zn tendieron a ser mayores en el tercio superior y las concentraciones foliares de Mg, Ca y B tendieron a ser mayores en el tercio inferior. Luego de la re- fertilización, algunas tendencias se mantuvieron, como las de Ca y B, otras desaparecieron como las de Mg, y las restantes variaron según el sitio. Finalmente, las concentraciones foliares de K, Mg, Ca, Mn y Zn tendieron a disminuir luego de re- fertilizar estas plantaciones con N.

El nutriente mas deficiente en las plantaciones comerciales de *E. grandis* estudiadas en Uruguay previo a la re- fertilización nitrogenada fue el N, este resultado lo arrojan los 3 métodos de diagnostico nutricional estudiados aquí (DRIS, nivel critico y N/P). Además los índices DRIS mostraron como deficiente también al K, y el nivel crítico además de estos 2 elementos deficientes marcó también al Fe. Los nutrientes más excesivos en estas plantaciones fueron el Ca, Mn y Cu, según DRIS y según el nivel critico los nutrientes mas excesivos fueron el Ca y el Zn.

Luego de la re- fertilización nitrogenada el nutriente mas deficiente seria el K (según DRIS y el nivel crítico), aunque DRIS también marca como deficiente al B. Las deficiencias de N desaparecen luego de la re- fertilización nitrogenada, excepto en el sitio 4 que según el nivel critico y la relación N/P, dicha deficiencia continúa. También se puede ver que luego de dicha re- fertilización los sitios están mas balanceados nutricionalmente, esto lo vemos con el IBN. Estos resultados nos permiten ver que tanto el nivel crítico como los índices DRIS producen resultados similares, siendo cualquiera de los dos adecuado para identificar deficiencias nutricionales. Hay que aclarar que ambas metodologías están calibradas para ser usados en suelos de Brasil, donde las concentraciones en suelo de algunos nutrientes difieren con las de nuestra región, como por ejemplo las menores concentraciones de K que se encuentran en dicha región.

Finalmente los resultados obtenido del análisis de las hojas del tercio inferior no difieren en gran medida de los encontrados con el análisis de las hojas del tercio superior, salvo algunas excepciones, esto indica que se podría muestrear las hojas nuevas completamente expandidas del tercio inferior para hacer diagnósticos nutricionales, ya que es menos dificultoso que muestrear hojas que están a gran altura.

6. RESUMEN

La creciente demanda de plantaciones de *Eucalyptus* en el mundo para producir madera, sumado a la disminución en la disponibilidad de tierras, han inducido a la progresiva plantación sobre suelos con bajos contenidos de nutrientes, y para que la respuesta al crecimiento continúe se requiere una fertilización nitrogenada a largo plazo. En nuestro país, los suelos considerados como de prioridad forestal son aquellos que tienen en general baja productividad ganadera y en su mayoría son marginales para la agricultura, tanto por sus características físicas como por su baja fertilidad. Por lo tanto, estos suelos no necesariamente van a cubrir satisfactoriamente los requerimientos nutricionales de los árboles. Al ser la forestación una actividad reciente, no ha existido una investigación sistemática en fertilización, pero a pesar de esta carencia de información gran parte de las plantaciones de *Eucalyptus* están siendo fertilizadas con N post plantación. Este trabajo se realizó con el objetivo de conocer los rangos típicos de concentraciones de nutrientes en plantaciones comerciales de *Eucalyptus* y ver como varían estos por la fertilización nitrogenada. Otro objetivo fue evaluar y comparar distintas metodologías de diagnóstico nutricional foliar, como DRIS y nivel crítico pre y post fertilización nitrogenada. Finalmente, se trató de establecer la altura óptima de copa para muestreo foliar de N y otros nutrientes. Dentro de plantaciones comerciales de 2 años se seleccionaron 7 rodales representativos; en cada rodal se seleccionaron 5 árboles representativos y se extrajo al azar de cada uno 5 hojas jóvenes completamente desarrolladas del tercio superior y 5 del tercio inferior. Inmediatamente luego del primer muestreo se aplicaron 3 dosis (re- fertilización) de N (0, 50 y 100 Kg/Ha) con un diseño de bloques al azar. A los 6 meses se realizó un segundo muestreo, seleccionando 5 árboles por tratamiento y por bloque, y a cada árbol seleccionado se le sacaron nuevamente al azar 5 hojas jóvenes completamente desarrolladas del tercio inferior y del tercio superior. A todas las hojas muestreadas se les determinó la lectura de clorofila y la concentración de N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn y Zn. Se compararon estos resultados con datos publicados para Brasil, encontrándose que en estas plantaciones estudiadas de Uruguay las concentraciones foliares de N, Fe, Mn y Zn fueron menores que las reportadas para Brasil. Lo contrario sucedió con las concentraciones foliares de K, Ca, Mg y B. Con respecto a la concentración de N, las hojas del tercio superior tuvieron concentraciones superiores que las del tercio inferior, y luego de la re- fertilización nitrogenada las concentraciones de N foliar aumentaron en ambos tercios. El nutriente más comúnmente deficiente previo a la re- fertilización nitrogenada fue el K. Salvo algunas excepciones, los resultados obtenidos del análisis de las hojas del tercio inferior no difirieron en gran medida de las del

tercio superior, indicando que ambas partes de la copa podrían ser utilizadas para el diagnóstico nutricional.

Palabras clave: *Eucalyptus grandis*; Fertilización nitrogenada; DRIS; Nivel crítico; Análisis foliar.

7. SUMMARY

The growing demand for eucalypts in the world to produce lumber and pulp, added to the decrease in land availability, have induced to plant this crop in low fertility soils, frequently in sites where the application of post-planting nitrogen to ensure long-term growth is required. The forest-priority soils in Uruguay are those of low cattle productivity and with marginal value for agriculture, so much for their physical characteristics as for their low fertility. Therefore, these soils will not always satisfactorily cover the nutritional requirements of trees. Because afforestation in Uruguay is a recent activity, a systematic research on fertilization has not yet been developed, but in spite of this lack of information some eucalypt plantations are being fertilized with N applied post planting. This work was carried out with the objective to know the typical ranges of nutrient concentrations in commercial plantations of eucalypts, as well as to see how these ranges change due to nitrogen fertilization. Another objective was to evaluate and to compare different methodologies of nutritional diagnose based on leaves, such as DRIS and critical level. Finally, we tried to establish the optimum leaf sampling height within the tree for N and other nutrients. This work was done inside 2 year-old commercial plantations. The treatments consisted of 3 N rates (0, 50 and 100 Kg/Ha) applied by block at the beginning of the experiment. At each plantation two samplings were performed, one just before N application (by blocks) and another six months later (by treatment), and at each of these occasions the upper and lower third of the trees were sampled separately. The leaf sampling were done by selecting within each plantation 5 representative trees, and by removing from each tree 5 fully-developed- young leaves. The concentration of N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn and Zn, as well as the chlorophyll reading was determined in all leaf samples, and the outcomes were compared with data published for the State of Sao Paulo, Brazil. The results show that in Uruguay the leaf concentrations of N, Fe, Mn and Zn were smaller than those reported for Brazil, while the opposite was observed for K, Ca, Mg and B. Both diagnostic methods (DRIS and Critical Level) gave similar results. Before N fertilization, N was the nutrient most commonly deficient, but after N fertilization K became the most deficient. The N concentrations of the upper leaves were slightly higher than those of the lower leaves, and after N fertilization the N concentrations of both thirds tended to increase. Except for a few exceptions, the diagnosis obtained from the analysis of the upper leaves were similar to that obtained from the lower leaves, indicating that the position of the leaf in the tree does not greatly affect the results of the nutritional evaluation.

Key words: *Eucalyptus grandis*; Nitrogen fertilization; DRIS; Critical level; Plant analysis.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. AGUERRE, M.; CARPINETI, L. A.; DALLA TEA, F.; DENEGRI, G.; FRANGI, J. L.; GARRAN, S. M.; GIMENEZ, E. E.; GLADE, J. E.; LAROCCA, L. H.; MARCO, M. A.; MENDONZA, L.; PUJATO, J.; REMBADO, G. E.; SANCHEZ ACOSTA, M. M.; VACCARO, N. C. 1995. Manual para productores de eucaliptos de la mesopotamia argentina. (en línea). Concordia, Grupo Forestal. Consultado jun. 2007. Disponible en <http://www.inta.gov.ar/concordia/info/indices/tematica/cd-manual-prod-eucaliptos/manual.pdf>
2. BARBAZAN, M. 1998 Análisis de plantas y síntomas visuales de deficiencia de nutrientes. Montevideo, Facultad de Agronomía. 27 p.
3. BELL, D. T.; WARDS, S. C. 1984a. Foliar and twig macronutrients (N, P, K, Ca and Mg) in selected species of *Eucalyptus* used in rehabilitation; sources of variation. *Plant and Soil*. 81: 363-376.
4. _____. _____. 1984b. Seasonal changes in foliar macronutrients (N, P, K, Ca and Mg) in *Eucalyptus saligna* Sm. and *E. wandoo* Blakely growing in rehabilitated bauxite mine soils of the Darling Range, Western Australia. *Plant and Soil*. 81: 377-388.
5. BENNETT, L. T.; WESTON, C. J.; JUDD, T. S.; ATTIWILL, P. M.; WHITEMAN, P. H. 1996. The effects of fertilizers on early growth and foliar nutrient concentrations of three plantation eucalypts on high quality sites in Gippsland, southeastern Australia. *Forest Ecology and Management*. 89: 213-226.
6. BRAÑAS, J.; GONZALEZ- RIO, F.; MERINO, A. 2000. Contenido y distribución de nutrientes en plantaciones de *Eucalyptus globulus* del noroeste de la Península Ibérica. *Investigaciones Agrarias; Sistemas y Recursos Forestales*. 9: 317-335.
7. BRUSSA, C. A. 1994. *Eucalyptus*; especies de cultivo mas frecuente en Uruguay y regiones de clima templado. Montevideo, Hemisferio Sur. 328 p.
8. CLOSE, D. C.; Mc ARTHUR, C.; PIETRZYKOWSKI, E.; FITZGERALD, H.; PATERSON, S. 2004a. Evaluating effects of nursery and post-planting nutrient regimes on leaf chemistry and browsing of eucalypt seedling in plantations. *Forest Ecology and Management*. 200: 101-112.

9. _____.; BEADLE, C. L. 2004b. Total and chemical fractions, of nitrogen and phosphorus in *Eucalyptus* seedling leaves; effects of species, nursery fertilizer management and transplanting. *Plant and Soil*. 259: 85-95.
10. _____.; Mc ARTHUR, C; HAGERMAN, A. E.; FITZGERALD, H. 2005. Differential distribution of leaf chemistry in eucalypt seedling due to variation in whole-plant nutrient availability. *Phytochemistry*. 66: 215-221.
11. CROMER, R. N.; CAMERON, D. M; RANCE, S. J; RYAN, P. A; BROWN, M. 1993. Response to nutrient in *Eucalyptus grandis*. 2. Nitrogen accumulation. *Forest Ecology and Management*. 62: 231-243.
12. _____.1996. Silviculture of eucalypt plantations in Australia. In: Attiwill, P.M.; Adams, M. A. eds. Nutrition of eucalypts. Collingwood, Australia, CSIRO. pp. 259-273.
13. CURBELO, C. E. 1989. Respuesta de *Eucalyptus grandis* (Hill) ex maiden y *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus* (Kirkp) a la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio en suelos degradados de Canelones. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 76 p.
14. DELL, B. 1996. Diagnosis of nutrient deficiencies in eucalypts. In: Attiwill, P.M.; Adams, M. A. eds. Nutrition of eucalypts. Collingwood, Australia, CSIRO. pp. 417-440.
15. EVANS, J. R. 1989. Photosynthesis and nitrogen relationships in leaves of C₃ plants. *Oecologia*. 78: 9-19.
16. GARATEGUI, A. L. 2002 Estudio de la respuesta al nitrógeno en *Eucalyptus dunnii* Maiden para producción de biomasa. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 87 p.
17. GRASI, G.; MEIR, P.; CROMER, R.; TOMPKINS, D.; JARVIS, P. G. 2002. Photosynthetic parameters in seedlings of *Eucalyptus grandis* as affected by rate of nitrogen supply. *Plant, Cell and Environment*. 25: 1677-1688.
18. GROVE, T. S. 1990. Twig and foliar nutrient concentrations in relation to nitrogen and phosphorus supply in a eucalypt (*Eucalyptus*

diversicolor F. Muell.) and an understorey legume (*Bossiaea laidlawiana* Tovey and Morris). Plant and Soil. 126: 265-275.

19. _____.; THOMSON, B. D.; MALAJCZUK, N. 1996. Nutritional physiology of eucalypts; uptake, distribution and utilization. In: Attiwill, P.M.; Adams, M. A. eds. Nutrition of eucalypts. Collingwood, Australia, CSIRO. pp. 77-108.
20. HERBERT, M. A. 1996. Fertilizers and eucalypt plantations in South Africa. In: Attiwill, P.M.; Adams, M. A. eds. Nutrition of eucalypts. Collingwood, Australia, CSIRO. pp. 303-325.
21. JUDD, T. S.; ATTIWILL, P. M.; ADAMS, M. A. 1996. Nutrients concentrations in *Eucalyptus*; a synthesis in relation to differences between taxa, sites and components. In: Attiwill, P.M.; Adams, M. A. eds. Nutrition of eucalypts. Collingwood, Australia, CSIRO. pp. 123-153.
22. KITAJIMA, K.; HOGAN, K. 2003. Increases of chlorophyll *a/b* ratios during acclimation of tropical woody seedlings to nitrogen limitation and high light. Plant, Cell and Environment. 26: 857-865.
23. KNIGHT, P. J. 1988. Seasonal fluctuations in foliar nutrient concentrations in a young nitrogen – deficient stand of *Eucalyptus fastigata* with and without applied nitrogen. New Zealand Journal of Forestry Science. 18: 15-32.
24. _____.; NICHOLAS, I. D. 1996. Eucalypt nutrition; New Zealand experience. In: Attiwill, P.M.; Adams, M. A. eds. Nutrition of eucalypts. Collingwood, Australia, CSIRO. pp. 275-302.
25. LAMB, D. 1976. Variations in the foliar concentrations of macro and micro elements in a fast- growing tropical eucalypt. Plant and Soil. 45: 477-492.
26. _____. 1977. Relationships between growth and foliar nutrient concentrations in *Eucalyptus deglupta*. Plant and Soil. 47: 495-508.
27. LEUNING, R.; CROMER, R. N.; RANCE, S. 1991. Spatial distributions of foliar nitrogen and phosphorus in crowns of *Eucalyptus grandis*. Oecologia. 88: 504-510.

28. MENDEZ, A. A. 2003. Evaluación del estado nutricional en plantaciones de *Eucalyptus globulus*, Labill, ssp. *globulus*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 94 p.
29. NEGI, J. D. S.; SHARMA, S. C. 1996. Mineral nutrition and resource conservation in *Eucalyptus* plantations and other forest covers in India. . In: Attiwill, P.M.; Adams, M. A. eds. Nutrition of eucalypts. Collingwood, Australia, CSIRO. pp. 399-416.
30. NICORTA, A. B.; HOFMANN, M.; SIEBKE, K.; BALL, M. C. 2003. Spatial patterning of pigmentation in evergreen leaves in response to freezing stress. *Plant, Cell and Environment*. 26: 1893-1904.
31. OLSEN, J. K; BELL, L. C. 1990. A glasshouse evaluation of `critical` N and P concentrations and N:P ratios in various plant parts of six Eucalypt species. *Australian Journal of Botany*. 38: 281-298.
32. PERDOMO, C.; BARBAZAN, M. 1999. Nitrógeno. Montevideo, Facultad de Agronomía. 69 p.
33. _____.; DURÁN, J.; LLOVET, P. 2007. Soil and plant indices for predicting eucalypt response to nitrogen in Uruguay. *Soil Science Society of American Journal*. 71: 1708-1718.
34. PINKARD, E. A.; PATEL, V.; MOHAMMED, C. 2006. Chlorophyll and nitrogen determination for plantation- grown *Eucalyptus nitens* and *E. globulus* using a non- destructive meter. *Forest Ecology and Management*. 223: 211-217.
35. PRINCIPI, H. L.; LOZA, G. I. 1998. Respuesta de *Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus globulus* ssp. *maidenii* a la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio en suelos de Durazno, Paysandú y Rivera. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 78 p.
36. RINGROSE, C.; NEILSEN, W. A. 2005. Growth response of *Eucalyptus regnans* and soil changes following periodic fertilization. *Soil Science Society of American Journal*. 69: 1806-1812.
37. SAS INSTITUTE. 1985. SAS/STAT Guide for personal computer. 6th. ed. Cary, NC, SAS Institute. 373 p.
38. SAUR, E; NAMBIAR, E. K. S; FIFE, D. N. Foliar nutrient retranslocation in

Eucalyptus globulus. Tree Physiology. 20: 1105-1112.

39. SCHÖNAU, A. P. G. 1981a. The effects of fertilizing on the foliar nutrient concentrations in *Eucalyptus grandis*. Fertilizer Research. 2: 73-87.
40. _____. 1981b. Seasonal changes in foliar nutrient content of *Eucalyptus grandis*. South African Forestry Journal. no. 119: 1-4.
41. _____. 1982. Additional effects of fertilizing on several foliar nutrient concentrations and ratios in *Eucalyptus grandis*. Fertilizer Research. 3: 385-397.
42. _____.; HERBERT, M. A. 1983. Relationship between growth rate, fertilizing and foliar nutrient concentrations for *Eucalyptus grandis*; preliminary investigations. Fertilizer Research. 4: 369-380.
43. SCHUTZ, C.J.; VILLIERS, J.M. 1987. Foliar diagnosis and fertilizer prescription in forestry. The DRIS system and its potential. South African Forestry Journal. no. 141: 6-12.
44. SHEDLEY, E.; DELL, B.; GROUET, T. 1995. Diagnosis of nitrogen deficiency and toxicity of *Eucalyptus globulus* seedlings by foliar analysis. Plant and Soil. 177: 183-189.
45. SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N.; GONÇALVES, A. N.; MOREIRA, A. 2000. Avaliação do estado nutricional do *Eucalyptus*: diagnose visual, foliar e suas interpretações. In: de Moraes Gonçalves, J. L.; Benedetti, V. eds. Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba, Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. pp. 79-104.
46. _____.; CUNHA, J. F. 2001. Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) para eucalyptus; versão Beta 1.0, Metagroflorestal; DRIS Eucalyptus. (en línea). Piracicaba, SP, Brasil, IPNI. Consultado 19 jul. 2007. Disponible en <http://www.potafos.org>
47. WALWORTH, J. L.; SUMNER, M.E. 1987. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). Advances in Soil Science. 6: 149-188.
48. WARD, S. C.; PICKERSGILL, G.E.; MICHAELSEN, D. V.; BELL, D.T. 1985. Responses to factorial combinations of Nitrogen, Phosphorus and

Potassium fertilizers by saplings of *Eucalyptus saligna* Sm., and the prediction of the responses by DRIS indices. Australian Forestry Research. 15: 27-32.

49. WENDLER, R.; CARVALHO, P. O.; PEREIRA, J. S.; MILLARD, P. 1995. Role of nitrogen remobilization from old leaves for new leaf growth of *Eucalyptus globulus* seedlings. Tree Physiology. 15: 679-683.
50. YOST, R. S.; DE BELL, D.S.; WHITESELL, C.D.; MIYASAKA, S.C. 1987. Early growth and nutrient status of *Eucalyptus saligna* as affected by nitrogen and phosphorous fertilization. Australian Forestry Research. 17: 203-214.

9. ANEXOS

ANEXO N° 1. Concentración de P, K, Ca y Mg en función de la posición de la copa en *E. grandis*, antes y después de la re-fertilización nitrogenada, en varios sitios donde esta especie es cultivada con fines comerciales.

Cuadro 13. Concentración de varios macronutrientes en función de la posición de las hojas en la copa de <i>E. grandis</i> , antes de la re-fertilización con N en varios sitios de Uruguay.								
Sitio	Posición de la hoja en la copa							
	Tercio Inferior	Tercio superior	Tercio Inferior	Tercio superior	Tercio Inferior	Tercio superior	Tercio Inferior	Tercio superior
	P		K ‡		Ca		Mg ‡	
	-----%-----							
1	0.12 a	0.11a	0.94a	0.89a	0.97a	0.89a	0.29a	0.28a
2	0.13 a	0.13a	0.90a	0.83a	1.06a	0.89b	0.26a	0.27a
3	0.08 a	0.09a	0.57a	0.57a	1.30a	1.07a†	0.22a	0.22a
4	0.19 a	0.21a	0.67a	0.68a	2.11a	1.62a	0.21a	0.19a
6	0.18 a	0.18a	0.48a	0.52a†	1.96a	1.10b	0.27a	0.25a
7	0.18 a	0.16a	0.33a	0.41a	1.69a	1.16b	0.28a	0.22a†
8	0.19 a	0.17a	0.41a	0.42a	1.38a	0.96a†	0.28a	0.18b
Promedio	0.15 a	0.15a	0.61a	0.62b	1.50a	1.10a	0.26a	0.23b

Letras distintas significan diferencias significativas $P \leq 0.05$
† Diferencias significativas a $P \leq 0.10$.
‡ La interacción sitio x tratamiento fue significativa a $P \leq 0.05$.

Cuadro 14. Concentración de varios macronutrientes en función de la posición de las hojas en la copa de <i>E. grandis</i> , para los distintos sitios estudiados de Uruguay, luego de la re-fertilización con 100Kg N/Ha.								
Sitio	Posición de la hoja en la copa							
	Tercio Inferior	Tercio superior	Tercio Inferior	Tercio superior	Tercio Inferior	Tercio superior	Tercio Inferior	Tercio superior
	P		K		Ca §		Mg	
	-----%-----							
1	0.10a	0.13b	0.67 a	0.66a	1.58a	0.78a†	0.25a	0.24 ^a
2	0.11a	0.14a†	0.69 a	0.62a	1.28a	0.81a†	0.23 ^a	0.26 ^a
4	0.16a	0.14a†	0.51 a	0.48a	1.75a	1.45a	0.18 ^a	0.15 ^a
Promedio	0.12a	0.14b	0.62 a	0.59a	1.54a	1.01b	0.22 ^a	0.22 ^a

Letras distintas significan diferencias significativas $P \leq 0.05$
† Diferencias significativas a $P \leq 0.10$.
§ La interacción sitio x tratamiento fue significativa a $P \leq 0.10$

ANEXO N° 2. Concentraciones de B, Cu, Fe, Mn y Zn en función de la posición de la copa en *E. grandis*, antes y después de la re- fertilización nitrogenada, en varios sitios donde esta especie es cultivada con fines comerciales.

Cuadro 15. Concentración de micronutrientes en función de la posición de las hojas en la copa de *E. grandis* antes de la re-fertilización con N en varios sitios de Uruguay.

Sitio	Posición de la hoja en la copa									
	Tercio inferior	Tercio superior	Tercio inferior	Tercio superior	Tercio inferior	Tercio superior	Tercio inferior	Tercio superior	Tercio inferior	Tercio superior
	B		Cu		Fe §		Mn		Zn	
	-----mg/kg-----									
1	38.78a	35.51a†	7.00a	7.67a	64.33a	77.67a	283a	294a	17.00a	19.67 ^a
2	28.07a	26.56a	7.67a	7.00a	86.00a	56.00a	281a	261a	12.33a	14.00a
3	36.78a	32.98a	9.00a	10.33a†	49.33a	55.67a	345a	302a	21.00a	16.33 ^a
4	61.96a	62.13a	6.67a	6.00a	40.67a	45.33a	345a	336a	17.67a	20.00a
6	64.62a	48.48b	6.33a	6.67a	25.33a	41.33a†	352a	416a	13.00a	15.33 ^a
7	58.85a	43.18a†	9.00a	9.00a	33.33a	36.00a	299a	334a	12.33a	20.33b
8	45.42a	36.14b	9.67a	9.33a	35.00a	42.00a	337a	328a	16.67a	20.67 ^a
Promedio	47.78a	40.71a	7.91a	8.00b	47.71a	50.57b	320a	325a	15.71a	18.05 ^a

Letras distintas significan diferencias significativas $P \leq 0.05$

† Diferencias significativas a $P \leq 0.10$.

§ La interacción sitio x tratamiento fue significativa a $P \leq 0.10$

Cuadro 16. Concentración de micronutrientes en función de la posición de las hojas en la copa de *E. grandis*, para los distintos sitios estudiados de Uruguay luego de la re-fertilización con 100Kg N/Ha.

Sitio	Posición de la hoja en la copa									
	Tercio Inferior	Tercio superior	Tercio Inferior	Tercio superior	Tercio Inferior	Tercio superior	Tercio Inferior	Tercio superior	Tercio Inferior	Tercio superior
	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
	-----mg/kg-----									
1	56.22a	36.34b	6.67a	6.67a	56.67a	69.67a†	347a	293a	14.67a	14.00a
2	28.74a	22.30b	7.00a	7.33a	61.00a	50.00a	285a	271a	13.00a	12.33 ^a
4	62.72a	63.97a	11.67a	11.33a	55.33a	63.33a	320a	330a	22.67a	16.67 ^a
Promedio	49.23a	40.87b	8.45a	8.44a	57.67a	61.00a	317a	298 ^a	16.78a	14.33a†

Letras distintas significan diferencias significativas $P \leq 0.05$
† Diferencias significativas a $P \leq 0.10$.

ANEXO Nº 3. Cuadros de diagnósticos nutricionales para las hojas del tercio superior, previo a la re- fertilización nitrogenada, para todos los sitios estudiados en el Uruguay.

Figura 6. Diagnostico nutricional para el Sitio 1 arriba.

		DIÁGNÓSTICO NUTRICIONAL DRIS para EUCALIPTO Versão Beta 1.0 - Experimental						
Nome: Facultad de Agronomía								
Variedade: 0			Propriedade: 0			Talhão: 0		
Produtividade: ND Kg/ha			Laboratório: Unithal			Análise No. 2888		
Data: 23-Sep-07								
RESULTADOS EM GRAMAS POR QUILOGRAMA (g/Kg)								
Nutrientes:	N	P	K	Ca	Mg	S		
Teor Foliar	12,6	1,1	8,9	8,9	2,8	*		
Classificação NC	Baixo	Baixo	BOM	BOM	BOM	nd		
Índice DRIS	-26	-7	-4	3	2	nd		
Classificação	Deficiente	Equilibrado	Equilibrado	Equilibrado	Equilibrado	nd		
RESULTADOS EM PARTES POR MILHÃO ppm ou mg/Kg								
Nutrientes:	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo		
Teor Foliar:	35,5	7,7	77,7	294,0	19,7	ND		
Classificação NC	BOM	BOM	BOM	BOM	BOM	nd		
Índice DRIS	-4	10	0	17	8	nd		
Classificação	Equilibrado	Provável Exc.	Equilibrado	Excesso	Provável Exc.	nd		
Índice de Balanço Nutricional:				82,1		nd- inexistente ou não realizada		
Índice de Balanço Nutricional médio:				8,2				

Figura 7. Diagnostico nutricional para el Sitio 2 arriba.

KOP		DIÁGNÓSTICO NUTRICIONAL				PIP	
potafos		DRIS para EUCALIPTO				EDUCATION	
Versão Beta 1.0 - Experimental							
Nome: Facultad de Agronomía							
Variedade:	0	Propriedade:	0	Talhão:	0		
Produtividade:	ND	Kg/ha	Laboratório:	Unithal	Análise No.	2688	
Data:	23-Sep-07						
RESULTADOS EM GRAMAS POR QUILOGRAMA (g/Kg)							
Nutrientes:	N	P	K	Ca	Mg	S	
Teor Foliar	10,9	1,3	8,3	8,9	2,7	*	
Classificação NC	Baixo	BOM	BOM	BOM	BOM	nd	
Índice DRIS	-27	3	-2	9	6	nd	
Classificação	Deficiente	Equilibrado	Equilibrado	Equilibrado	Equilibrado	nd	
RESULTADOS EM PARTES POR MILHÃO ppm ou mg/Kg							
Nutrientes:	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo	
Teor Foliar:	26,6	7,0	56,0	261,3	14,0	ND	
Classificação NC	Baixo	BOM	Baixo	BOM	BOM	nd	
Índice DRIS	-11	12	-6	18	-1	nd	
Classificação	Def Provável	Provável Exc.	Equilibrado	Excesso	Equilibrado	nd	
Índice de Balanço Nutricional:				95,9		nd - inexistente ou não realizado	
Índice de Balanço Nutricional médio:				9,6			

Figura 8. Diagnostico nutricional para el Sitio 3 arriba.

KOP		DIÁGNÓSTICO NUTRICIONAL				PIP	
potafos		DRIS para EUCALIPTO				EDUCATION	
Versão Beta 1.0 - Experimental							
Nome: Facultad de Agronomía							
Variedade:	0	Propriedade:	0	Talhão:	0		
Produtividade:	ND	Kg/ha	Laboratório:	Unithal	Análise No.	2688	
Data:	23-Sep-07						
RESULTADOS EM GRAMAS POR QUILOGRAMA (g/Kg)							
Nutrientes:	N	P	K	Ca	Mg	S	
Teor Foliar	16,6	0,9	5,7	10,7	2,2	*	
Classificação NC	Baixo	Baixo	Baixo	BOM	BOM	nd	
Índice DRIS	-8	-13	-23	14	-7	nd	
Classificação	Equilibrado	Equilibrado	Deficiente	Provável Exc.	Equilibrado	nd	
RESULTADOS EM PARTES POR MILHÃO ppm ou mg/Kg							
Nutrientes:	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo	
Teor Foliar:	33,0	10,3	55,7	302,3	16,3	ND	
Classificação NC	BOM	Excesso	Baixo	BOM	BOM	nd	
Índice DRIS	-6	27	-9	23	2	nd	
Classificação	Equilibrado	Excesso	Equilibrado	Provável Exc.	Equilibrado	nd	
Índice de Balanço Nutricional:				131,0		nd - inexistente ou não realizado	
Índice de Balanço Nutricional médio:				13,1			

Figura 9. Diagnostico nutricional para el Sitio 4 arriba.

KOP		DIÁGNÓSTICO NUTRICIONAL				PPIPC	
potafos		DRIS para EUCALIPTO				EDUCATION	
Versão Beta 1.0 - Experimental							
Nome: Facultad de Agronomía							
Variedade:		0		Propriedade: 0		Talhão: 0	
Produtividade:		ND Kg/ha		Laboratório: Unithal		Análise No. 2888	
Data:		23-Sep-07					
RESULTADOS EM GRAMAS POR QUILOGRAMA (g/Kg)							
Nutrientes:	N	P	K	Ca	Mg	S	
Teor Foliar	9,1	2,1	6,8	16,2	1,9	*	
Classificação NC	Baixo	Excesso	Baixo	Excesso	Baixo	nd	
Índice DRIS	-59	21	-19	39	-20	nd	
Classificação	Deficiente	Equilibrado	Equilibrado	Excesso	Equilibrado	nd	
RESULTADOS EM PARTES POR MILHÃO ppm ou mg/Kg							
Nutrientes:	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo	
Teor Foliar:	62,1	6,0	45,3	336,0	20,0	ND	
Classificação NC	Excesso	BOM	Baixo	BOM	Excesso	nd	
Índice DRIS	21	1	-24	28	12	nd	
Classificação	Equilibrado	Equilibrado	Equilibrado	Provável Exc.	Equilibrado	nd	
Índice de Balanço Nutricional:				243,7		nd - inexistente ou não realizada	
Índice de Balanço Nutricional médio:				24,4		nd - inexistente ou não realizada	

Figura 10. Diagnostico nutricional para el Sitio 6 arriba.

KOP		DIÁGNÓSTICO NUTRICIONAL				PPIPC	
potafos		DRIS para EUCALIPTO				EDUCATION	
Versão Beta 1.0 - Experimental							
Nome: Facultad de Agronomía							
Variedade:		0		Propriedade: 0		Talhão: 0	
Produtividade:		ND Kg/ha		Laboratório: Unithal		Análise No. 2888	
Data:		23-Sep-07					
RESULTADOS EM GRAMAS POR QUILOGRAMA (g/Kg)							
Nutrientes:	N	P	K	Ca	Mg	S	
Teor Foliar	15,1	1,8	5,2	11,0	2,5	*	
Classificação NC	Baixo	BOM	Baixo	Excesso	BOM	nd	
Índice DRIS	-11	16	-26	18	1	nd	
Classificação	Equilibrado	Provável Exc.	Deficiente	Excesso	Equilibrado	nd	
RESULTADOS EM PARTES POR MILHÃO ppm ou mg/Kg							
Nutrientes:	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo	
Teor Foliar:	48,5	6,7	41,3	416,0	15,3	ND	
Classificação NC	BOM	BOM	Baixo	BOM	BOM	nd	
Índice DRIS	12	9	-19	nd	1	nd	
Classificação	Equilibrado	Equilibrado	Def Provável	nd	Equilibrado	nd	
Índice de Balanço Nutricional:				112,8		nd - inexistente ou não realizada	
Índice de Balanço Nutricional médio:				12,5		nd - inexistente ou não realizada	

Figura 11. Diagnostico nutricional para el Sitio 7 arriba.

KOP		DIÁGNÓSTICO NUTRICIONAL				PIP	
potafos		DRIS para EUCALIPTO				EDUCATION	
Versão Beta 1.0 - Experimental							
Nome: Facultad de Agronomía							
Variedade:	0	Propriedade:	0	Talhão:	0		
Produtividade:	ND	Kg/ha	Laboratório:	Unithal	Análise No.	2688	
Data:	23-Sep-07						
RESULTADOS EM GRAMAS POR QUILOGRAMA (g/Kg)							
Nutrientes:	N	P	K	Ca	Mg	S	
Teor Foliar	16,9	1,6	4,1	11,6	2,2	*	
Classificação NC	Baixo	BOM	Baixo	Excesso	BOM	nd	
Índice DRIS	-8	10	-49	19	-8	nd	
Classificação	Equilibrado	Equilibrado	Deficiente	Equilibrado	Equilibrado	nd	
RESULTADOS EM PARTES POR MILHÃO ppm ou mg/Kg							
Nutrientes:	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo	
Teor Foliar:	43,2	9,0	36,0	334,0	20,3	ND	
Classificação NC	BOM	BOM	Baixo	BOM	Excesso	nd	
Índice DRIS	6	20	-32	29	14	nd	
Classificação	Equilibrado	Provável Exc.	Def Provável	Excesso	Equilibrado	nd	
Índice de Balanço Nutricional:				194,6			
Índice de Balanço Nutricional médio:				19,5	nd-insuficiente ou não realizado		

Figura 12. Diagnostico nutricional para el Sitio 8 arriba.

KOP		DIÁGNÓSTICO NUTRICIONAL				PIP	
potafos		DRIS para EUCALIPTO				EDUCATION	
Versão Beta 1.0 - Experimental							
Nome: Facultad de Agronomía							
Variedade:	0	Propriedade:	0	Talhão:	0		
Produtividade:	ND	Kg/ha	Laboratório:	Unithal	Análise No.	2688	
Data:	23-Sep-07						
RESULTADOS EM GRAMAS POR QUILOGRAMA (g/Kg)							
Nutrientes:	N	P	K	Ca	Mg	S	
Teor Foliar	16,9	1,7	4,2	9,6	1,8	*	
Classificação NC	Baixo	BOM	Baixo	BOM	Baixo	nd	
Índice DRIS	-6	13	-44	11	-18	nd	
Classificação	Equilibrado	Equilibrado	Deficiente	Equilibrado	Equilibrado	nd	
RESULTADOS EM PARTES POR MILHÃO ppm ou mg/Kg							
Nutrientes:	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo	
Teor Foliar:	36,1	9,3	42,0	328,0	20,7	ND	
Classificação NC	BOM	BOM	Baixo	BOM	Excesso	nd	
Índice DRIS	-1	23	-22	29	16	nd	
Classificação	Equilibrado	Provável Exc.	Def Provável	Excesso	Equilibrado	nd	
Índice de Balanço Nutricional:				183,4			
Índice de Balanço Nutricional médio:				18,3	nd-insuficiente ou não realizado		

ANEXO Nº 4. Cuadros de diagnósticos nutricionales para las hojas del tercio superior, luego de la re- fertilización nitrogenada, para todos los sitios re- fertilizados estudiados en el Uruguay.

Figura 13. Diagnostico nutricional para el Sitio 1 re- fertilizado arriba.

		DIÁGNÓSTICO NUTRICIONAL DRIS para EUCALIPTO Versão Beta 1.0 - Experimental					
Nome: Facultad de Agronomía							
Variedade:		0		Propriedade: 0		Talhão: 0	
Produtividade:		ND		Kg/ha		Laboratório: Unithal	
Data:		23-Sep-07				Análise No. 2888	
RESULTADOS EM GRAMAS POR QUILOGRAMA (g/Kg)							
Nutrientes:	N	P	K	Ca	Mg	S	
Teor Foliar	20,6	1,3	6,5	7,8	2,4	*	
Classificação NC	BOM	BOM	Baixo	BOM	BOM	nd	
Índice DRIS	3	0	-16	0	-3	nd	
Classificação	Equilibrado	Equilibrado	Deficiente	Equilibrado	Equilibrado	nd	
RESULTADOS EM PARTES POR MILHÃO ppm ou mg/Kg							
Nutrientes:	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo	
Teor Foliar:	34,6	7,8	63,6	302,8	13,2	ND	
Classificação NC	BOM	BOM	Baixo	BOM	Baixo	nd	
Índice DRIS	-4	12	-5	21	-8	nd	
Classificação	Equilibrado	Provável Exc.	Equilibrado	Excesso	Def Provável	nd	
Índice de Balanço Nutricional:				71,1			
Índice de Balanço Nutricional médio:				7,1		nd- inexistente ou não realizada	

Figura 14. Diagnostico nutricional para el Sitio 2 re- fertilizado arriba.

KOP		DIÁGNÓSTICO NUTRICIONAL				PIP	
potafos		DRIS para EUCALIPTO				EDUCATION	
Versão Beta 1.0 - Experimental							
Nome: Facultad de Agronomía							
Variedade:	0	Propriedade:	0	Talhão:	0		
Produtividade:	ND	Kg/ha	Laboratório:	Unithal	Análise No.:	2688	
Data:	23-Sep-07						
RESULTADOS EM GRAMAS POR QUILOGRAMA (g/Kg)							
Nutrientes:	N	P	K	Ca	Mg	S	
Teor Foliar	22,1	1,4	6,3	8,2	2,7	*	
Classificação NC	Excesso	BOM	Baixo	BOM	BOM	nd	
Índice DRIS	9	5	-15	4	5	nd	
Classificação	Equilibrado	Equilibrado	Def Provável	Equilibrado	Equilibrado	nd	
RESULTADOS EM PARTES POR MILHÃO ppm ou mg/Kg							
Nutrientes:	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo	
Teor Foliar:	20,9	7,4	51,2	260,8	13,4	ND	
Classificação NC	Baixo	BOM	Baixo	BOM	Baixo	nd	
Índice DRIS	-23	14	-10	17	-5	nd	
Classificação	Deficiente	Provável Exc.	Equilibrado	Excesso	Equilibrado	nd	
Índice de Balanço Nutricional:				108,5		nd-insuficiente ou não realizado	
Índice de Balanço Nutricional médio:				10,8			

Figura 15. Diagnostico nutricional para el Sitio 4 re- fertilizado arriba.

KOP		DIÁGNÓSTICO NUTRICIONAL				PIP	
potafos		DRIS para EUCALIPTO				EDUCATION	
Versão Beta 1.0 - Experimental							
Nome: Facultad de Agronomía							
Variedade:	0	Propriedade:	0	Talhão:	0		
Produtividade:	ND	Kg/ha	Laboratório:	Unithal	Análise No.:	2688	
Data:	23-Sep-07						
RESULTADOS EM GRAMAS POR QUILOGRAMA (g/Kg)							
Nutrientes:	N	P	K	Ca	Mg	S	
Teor Foliar	16,0	1,7	5,5	14,2	1,7	*	
Classificação NC	Baixo	BOM	Baixo	Excesso	Baixo	nd	
Índice DRIS	-16	7	-33	25	-28	nd	
Classificação	Equilibrado	Equilibrado	Deficiente	Excesso	Def Provável	nd	
RESULTADOS EM PARTES POR MILHÃO ppm ou mg/Kg							
Nutrientes:	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo	
Teor Foliar:	59,6	10,4	67,0	299,2	16,1	ND	
Classificação NC	BOM	Excesso	BOM	BOM	BOM	nd	
Índice DRIS	16	22	-7	18	-4	nd	
Classificação	Equilibrado	Provável Exc.	Equilibrado	Provável Exc.	Equilibrado	nd	
Índice de Balanço Nutricional:				175,9		nd-insuficiente ou não realizado	
Índice de Balanço Nutricional médio:				17,6			

ANEXO Nº 5. Cuadros de diagnósticos nutricionales para las hojas del tercio inferior, previo a la re- fertilización nitrogenada, para todos los sitios estudiados en el Uruguay.

Figura 16. Diagnostico nutricional para el Sitio 1 abajo.

		DIÁGNÓSTICO NUTRICIONAL DRIS para EUCALIPTO Versão Beta 1.0 - Experimental					
Nome: Facultad de Agronomía							
Variedade:	0		Propriedade:	0		Talhão:	0
Produtividade:	ND Kg/ha		Laboratório:	Unithal		Análise No.:	2888
Data:	23-Sep-07						
RESULTADOS EM GRAMAS POR QUILOGRAMA (g/Kg)							
Nutrientes:	N	P	K	Ca	Mg	S	
Teor Foliar	8,9	1,2	9,4	9,7	2,9	*	
Classificação NC	Baixo	BOM	BOM	BOM	BOM	nd	
Índice DRIS	-49	-1	1	10	7	nd	
Classificação	Deficiente	Equilibrado	Equilibrado	Equilibrado	Equilibrado	nd	
RESULTADOS EM PARTES POR MILHÃO ppm ou mg/Kg							
Nutrientes:	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo	
Teor Foliar:	38,8	7,0	64,3	283,0	17,0	ND	
Classificação NC	BOM	BOM	Baixo	BOM	BOM	nd	
Índice DRIS	1	9	-4	19	6	nd	
Classificação	Equilibrado	Equilibrado	Equilibrado	Excesso	Equilibrado	nd	
Índice de Balanço Nutricional:				108,0			
Índice de Balanço Nutricional médio:				10,8		nd= inexistente ou não realizada	

Figura 17. Diagnostico nutricional para el Sitio 2 abajo.

KOP		DIÁGNÓSTICO NUTRICIONAL				PIP	
potafos		DRIS para EUCALIPTO				EDUCATION	
Versão Beta 1.0 - Experimental							
Nome: Facultad de Agronomía							
Variedade:	0	Propriedade:	0	Talhão:	0		
Produtividade:	ND	Kg/ha	Laboratório:	Unithal	Análise No.:	2688	
Data:	23-Sep-07						
RESULTADOS EM GRAMAS POR QUILOGRAMA (g/Kg)							
Nutrientes:	N	P	K	Ca	Mg	S	
Teor Foliar:	11,9	1,3	9,0	10,6	2,6	*	
Classificação NC:	Baixo	BOM	BOM	BOM	BOM	nd	
Índice DRIS:	-26	1	-2	14	1	nd	
Classificação:	Deficiente	Equilibrado	Equilibrado	Provável Exc.	Equilibrado	nd	
RESULTADOS EM PARTES POR MILHÃO ppm ou mg/Kg							
Nutrientes:	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo	
Teor Foliar:	28,1	7,7	86,0	280,7	12,3	ND	
Classificação NC:	Baixo	BOM	BOM	BOM	Baixo	nd	
Índice DRIS:	-12	13	5	18	-11	nd	
Classificação:	Def Provável	Provável Exc.	Equilibrado	Excesso	Def Provável	nd	
Índice de Balanço Nutricional:				102,0			
Índice de Balanço Nutricional médio:				10,2		nd - inexistente ou não realizado	

Figura 18. Diagnostico nutricional para el Sitio 3 abajo.

KOP		DIÁGNÓSTICO NUTRICIONAL				PIP	
potafos		DRIS para EUCALIPTO				EDUCATION	
Versão Beta 1.0 - Experimental							
Nome: Facultad de Agronomía							
Variedade:	0	Propriedade:	0	Talhão:	0		
Produtividade:	ND	Kg/ha	Laboratório:	Unithal	Análise No.:	2688	
Data:	23-Sep-07						
RESULTADOS EM GRAMAS POR QUILOGRAMA (g/Kg)							
Nutrientes:	N	P	K	Ca	Mg	S	
Teor Foliar:	16,5	0,8	5,7	13,0	2,2	*	
Classificação NC:	Baixo	Baixo	Baixo	Excesso	BOM	nd	
Índice DRIS:	-11	-20	-26	23	-9	nd	
Classificação:	Equilibrado	Def Provável	Deficiente	Provável Exc.	Equilibrado	nd	
RESULTADOS EM PARTES POR MILHÃO ppm ou mg/Kg							
Nutrientes:	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo	
Teor Foliar:	36,8	9,0	49,3	345,0	21,0	ND	
Classificação NC:	BOM	BOM	Baixo	BOM	Excesso	nd	
Índice DRIS:	-3	19	-16	28	14	nd	
Classificação:	Equilibrado	Provável Exc.	Equilibrado	Excesso	Equilibrado	nd	
Índice de Balanço Nutricional:				168,9			
Índice de Balanço Nutricional médio:				16,9		nd - inexistente ou não realizado	

Figura 19. Diagnostico nutricional para el Sitio 4 abajo.

KOP		DIÁGNÓSTICO NUTRICIONAL				PIP	
potafos		DRIS para EUCALIPTO				EDUCATION	
Versão Beta 1.0 - Experimental							
Nome: Facultad de Agronomía							
Variedade:	0	Propriedade:	0	Talhão:	0		
Produtividade:	ND	Kg/ha	Laboratório:	Unithal	Análise No.:	2688	
Data:	23-Sep-07						
RESULTADOS EM GRAMAS POR QUILOGRAMA (g/Kg)							
Nutrientes:	N	P	K	Ca	Mg	S	
Teor Foliar	10,3	1,9	6,7	21,1	2,1	*	
Classificação NC	Baixo	BOM	Baixo	Excesso	Baixo	nd	
Índice DRIS	-52	14	-23	57	-17	nd	
Classificação	Deficiente	Equilibrado	Equilibrado	Excesso	Equilibrado	nd	
RESULTADOS EM PARTES POR MILHÃO ppm ou mg/Kg							
Nutrientes:	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo	
Teor Foliar:	62,0	6,7	40,7	344,7	17,7	ND	
Classificação NC	Excesso	BOM	Baixo	BOM	BOM	nd	
Índice DRIS	19	4	-32	28	1	nd	
Classificação	Equilibrado	Equilibrado	Def Provável	Provável Exc.	Equilibrado	nd	
Índice de Balanço Nutricional:				246,4		nd - inexistente ou não realizado	
Índice de Balanço Nutricional médio:				24,6			

Figura 20. Diagnostico nutricional para el Sitio 6 abajo.

KOP		DIÁGNÓSTICO NUTRICIONAL				PIP	
potafos		DRIS para EUCALIPTO				EDUCATION	
Versão Beta 1.0 - Experimental							
Nome: Facultad de Agronomía							
Variedade:	0	Propriedade:	0	Talhão:	0		
Produtividade:	ND	Kg/ha	Laboratório:	Unithal	Análise No.:	2688	
Data:	23-Sep-07						
RESULTADOS EM GRAMAS POR QUILOGRAMA (g/Kg)							
Nutrientes:	N	P	K	Ca	Mg	S	
Teor Foliar	12,6	1,8	4,8	19,6	2,7	*	
Classificação NC	Baixo	BOM	Baixo	Excesso	BOM	nd	
Índice DRIS	-30	17	-41	59	1	nd	
Classificação	Def Provável	Equilibrado	Def Provável	Excesso	Equilibrado	nd	
RESULTADOS EM PARTES POR MILHÃO ppm ou mg/Kg							
Nutrientes:	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo	
Teor Foliar:	64,6	6,3	25,3	352,0	13,0	ND	
Classificação NC	Excesso	BOM	Baixo	BOM	Baixo	nd	
Índice DRIS	28	6	-62	36	-13	nd	
Classificação	Equilibrado	Equilibrado	Deficiente	Provável Exc.	Equilibrado	nd	
Índice de Balanço Nutricional:				293,2		nd - inexistente ou não realizado	
Índice de Balanço Nutricional médio:				29,3			

Figura 21. Diagnostico nutricional para el Sitio 7 abajo.

KOP		DIÁGNÓSTICO NUTRICIONAL				PIP	
potafos		DRIS para EUCALIPTO				EDUCATION	
Versão Beta 1.0 - Experimental							
Nome: Facultad de Agronomía							
Variedade:	0	Propriedade:	0	Talhão:	0		
Produtividade:	ND	Kg/ha	Laboratório:	Unithal	Análise No.	2688	
Data:	23-Sep-07						
RESULTADOS EM GRAMAS POR QUILOGRAMA (g/Kg)							
Nutrientes:	N	P	K	Ca	Mg	S	
Teor Foliar	13,5	1,8	3,3	16,9	2,8	*	
Classificação NC	Baixo	BOM	Baixo	Excesso	BOM	nd	
Índice DRIS	-22	18	-71	48	6	nd	
Classificação	Equilibrado	Equilibrado	Deficiente	Excesso	Equilibrado	nd	
RESULTADOS EM PARTES POR MILHÃO ppm ou mg/Kg							
Nutrientes:	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo	
Teor Foliar:	58,9	9,0	33,3	298,7	12,3	ND	
Classificação NC	BOM	BOM	Baixo	BOM	Baixo	nd	
Índice DRIS	24	24	-39	27	-14	nd	
Classificação	Equilibrado	Equilibrado	Def Provável	Equilibrado	Equilibrado	nd	
Índice de Balanço Nutricional:				294,1		nd - inexistente ou não realizado	
Índice de Balanço Nutricional médio:				29,4			

Figura 22. Diagnostico nutricional para el Sitio 8 abajo.

KOP		DIÁGNÓSTICO NUTRICIONAL				PIP	
potafos		DRIS para EUCALIPTO				EDUCATION	
Versão Beta 1.0 - Experimental							
Nome: Facultad de Agronomía							
Variedade:	0	Propriedade:	0	Talhão:	0		
Produtividade:	ND	Kg/ha	Laboratório:	Unithal	Análise No.	2688	
Data:	23-Sep-07						
RESULTADOS EM GRAMAS POR QUILOGRAMA (g/Kg)							
Nutrientes:	N	P	K	Ca	Mg	S	
Teor Foliar	16,7	1,9	4,1	13,8	2,8	*	
Classificação NC	Baixo	BOM	Baixo	Excesso	BOM	nd	
Índice DRIS	-11	16	-54	27	2	nd	
Classificação	Equilibrado	Equilibrado	Deficiente	Provável Exc.	Equilibrado	nd	
RESULTADOS EM PARTES POR MILHÃO ppm ou mg/Kg							
Nutrientes:	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo	
Teor Foliar:	45,4	9,7	35,0	337,3	16,7	ND	
Classificação NC	BOM	BOM	Baixo	BOM	BOM	nd	
Índice DRIS	6	22	-37	28	1	nd	
Classificação	Equilibrado	Provável Exc.	Def Provável	Excesso	Equilibrado	nd	
Índice de Balanço Nutricional:				203,8		nd - inexistente ou não realizado	
Índice de Balanço Nutricional médio:				20,4			

ANEXO Nº 6. Cuadros de diagnósticos nutricionales para las hojas del tercio inferior, luego de la re- fertilización nitrogenada, para todos los sitios re-fertilizados estudiados en el Uruguay.

Figura 23. Diagnostico nutricional para el Sitio 1 re- fertilizado abajo.

		DIÁGNÓSTICO NUTRICIONAL DRIS para EUCALIPTO Versão Beta 1.0 - Experimental					
Nome: Facultad de Agronomía							
Variedade:	0		Propriedade:	0		Talhão:	0
Produtividade:	ND Kg/ha		Laboratório:	Unithal		Análise No.	2888
Data:	23-Sep-07						
RESULTADOS EM GRAMAS POR QUILOGRAMA (g/Kg)							
Nutrientes:	N	P	K	Ca	Mg	S	
Teor Foliar	19,0	1,0	6,5	16,7	2,6	*	
Classificação NC	BOM	Baixo	Baixo	Excesso	BOM	nd	
Índice DRIS	-7	-14	-23	33	-5	nd	
Classificação	Equilibrado	Equilibrado	Deficiente	Excesso	Equilibrado	nd	
RESULTADOS EM PARTES POR MILHÃO ppm ou mg/Kg							
Nutrientes:	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo	
Teor Foliar:	49,0	8,2	60,1	373,2	13,3	ND	
Classificação NC	BOM	BOM	Baixo	BOM	Baixo	nd	
Índice DRIS	6	11	-12	27	-15	nd	
Classificação	Equilibrado	Equilibrado	Equilibrado	Provável Exc.	Equilibrado	nd	
Índice de Balanço Nutricional:				153,8		nd= inexistente ou não realizada	
Índice de Balanço Nutricional médio:				15,4			

Figura 24. Diagnostico nutricional para el Sitio 2 re- fertilizado abajo.

KOP		DIÁGNÓSTICO NUTRICIONAL				PIP	
potafos		DRIS para EUCALIPTO				EDUCATION	
Versão Beta 1.0 - Experimental							
Nome: Facultad de Agronomía							
Variedade:	0	Propriedade:	0	Talhão:	0		
Produtividade:	ND	Kg/ha	Laboratório:	Unithal	Análise No.:	2688	
Data:	23-Sep-07						
RESULTADOS EM GRAMAS POR QUILOGRAMA (g/Kg)							
Nutrientes:	N	P	K	Ca	Mg	S	
Teor Foliar	19,7	1,2	6,6	14,9	2,4	*	
Classificação NC	BOM	BOM	Baixo	Excesso	BOM	nd	
Índice DRIS	-2	-4	-18	29	-6	nd	
Classificação	Equilibrado	Equilibrado	Deficiente	Excesso	Equilibrado	nd	
RESULTADOS EM PARTES POR MILHÃO ppm ou mg/Kg							
Nutrientes:	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo	
Teor Foliar:	29,4	7,9	58,1	299,1	13,9	ND	
Classificação NC	Baixo	BOM	Baixo	BOM	Baixo	nd	
Índice DRIS	-12	12	-10	19	-9	nd	
Classificação	Def Provável	Equilibrado	Equilibrado	Provável Exc.	Equilibrado	nd	
Índice de Balanço Nutricional:				120,6		nd - inexistente ou não realizado	
Índice de Balanço Nutricional médio:				12,1			

Figura 25. Diagnostico nutricional para el Sitio 4 re- fertilizado abajo.

KOP		DIÁGNÓSTICO NUTRICIONAL				PIP	
potafos		DRIS para EUCALIPTO				EDUCATION	
Versão Beta 1.0 - Experimental							
Nome: Facultad de Agronomía							
Variedade:	0	Propriedade:	0	Talhão:	0		
Produtividade:	ND	Kg/ha	Laboratório:	Unithal	Análise No.:	2688	
Data:	23-Sep-07						
RESULTADOS EM GRAMAS POR QUILOGRAMA (g/Kg)							
Nutrientes:	N	P	K	Ca	Mg	S	
Teor Foliar	15,0	1,8	5,3	18,2	1,9	*	
Classificação NC	Baixo	BOM	Baixo	Excesso	Baixo	nd	
Índice DRIS	-25	9	-40	38	-25	nd	
Classificação	Def Provável	Equilibrado	Deficiente	Excesso	Def Provável	nd	
RESULTADOS EM PARTES POR MILHÃO ppm ou mg/Kg							
Nutrientes:	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo	
Teor Foliar:	61,5	10,0	51,8	329,9	20,8	ND	
Classificação NC	Excesso	Excesso	Baixo	BOM	Excesso	nd	
Índice DRIS	16	19	-21	21	8	nd	
Classificação	Equilibrado	Equilibrado	Equilibrado	Equilibrado	Equilibrado	nd	
Índice de Balanço Nutricional:				222,2		nd - inexistente ou não realizado	
Índice de Balanço Nutricional médio:				22,2			