

Simposio Internacional IUFRO • *IUFRO International Symposium*

Chile • Valdivia 10 - 15 Septiembre 2001

DESARROLLANDO EL EUCALIPTO DEL FUTURO

DEVELOPING THE EUCALYPT OF THE FUTURE



0007117



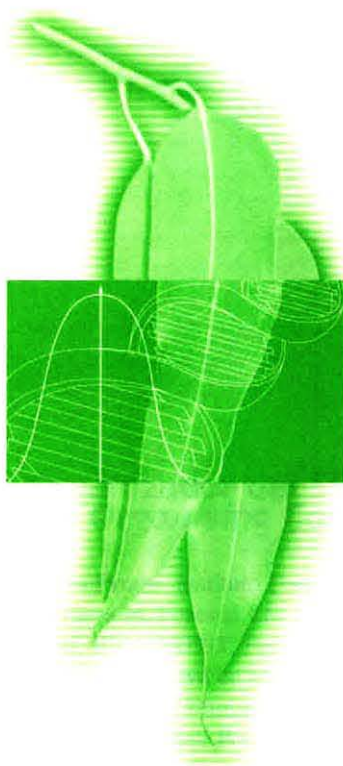
IUFRO UNIDAD 2.08.03 MEJORAMIENTO Y CULTIVO DE EUCALIPTOS
IUFRO UNIT 2.08.03 IMPROVEMENT AND CULTURE OF EUCALYPTS

ACTAS - PROCEEDINGS

DEVELOPING THE EUCALYPT OF THE FUTURE

3
178 83
IUFd 2001
C3

DESARROLLANDO EL EUCALIPTO DEL FUTURO



Simposio Internacional IUFRO
IUFRO International Symposium

Chile • Valdivia
10 - 15 Septiembre 2001



Comite Organizador del Simposio *Symposium Organising Committee*

José Antonio Prado. Instituto Forestal. Chile
Manuel Arriagada. Forestal Los Lagos. Chile
Claudio Balocchi. BIOFOREST, Forestal Arauco. Chile
Fernando Droppelmann. Cooperativa de Mejoramiento Genético. Chile
Victor Sierra. Forestal Mininco. CMPC. Chile
Rod Griffin. Shell Forestry. UK
Nuno Borralho. RAIZ, Portugal. Coordinator IUFRO Unit 2.08.03
Rebeca Sanhueza. Forestal Monteaguila. Chile
María Paz Molina. Instituto Forestal. Chile
Susana Benedetti. Instituto Forestal. Chile
Santiago Barros. Instituto Forestal. Chile



PRÓLOGO

El Instituto Forestal de Chile; la Cooperativa de Mejoramiento Genético Forestal de Chile, integrada por el Instituto Forestal (INFOR), la Universidad Austral de Chile (UACH), la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y las principales empresas privadas del sector; y la Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO) han organizado el **Simpósio Internacional IUFRO Desarrollando el Eucalipto del Futuro** en Valdivia, Chile, entre el 10 y 15 de septiembre de 2001. Este simposio corresponde a una actividad de la Unidad IUFRO 2.08.03 Mejoramiento y Cultivo de Eucaliptos.

Considerando la importancia que están adquiriendo las plantaciones a nivel mundial y especialmente las plantaciones con especies del Género *Eucalyptus* y el gran potencial que la silvicultura y el mejoramiento genético representan como herramientas para incrementar sus rendimientos, ampliar sus posibilidades de establecimiento a áreas hoy marginales por limitantes de clima o de suelos y darles sustentabilidad en el tiempo, se espera que el Simposio constituya una fructífera oportunidad de intercambio de experiencias entre investigadores de distintas partes del mundo y que la difusión de los trabajos presentados sea un real aporte al conocimiento de este importante género forestal.

Este simposio internacional, aun cuando pone énfasis en el mejoramiento genético, también incluye aspectos de silvicultura y manejo, como una manera de aportar al conocimiento para avanzar hacia el manejo forestal sostenible. Es en esta perspectiva que el Simposio Internacional IUFRO *Desarrollando el Eucalipto del Futuro*, nos ofrece una gran oportunidad para demostrar que las plantaciones y particularmente las plantaciones con especies del género *Eucalyptus*, deben jugar un rol fundamental en la actividad forestal del futuro.

Los más de 200 participantes representan a la mayoría de los países para los que especies del género *Eucalyptus* están representando una cada día más creciente alternativa de creación de nuevos recursos forestales mediante el establecimiento de bosques plantados, como es el caso de Australia, Nueva Zelanda, España, Portugal, Brasil, Argentina, Uruguay, Sudáfrica, Chile y otros.

Las instituciones organizadoras del simposio agradecen a las empresas e instituciones que prestaron su apoyo y colaboración; y especialmente a los miembros del comité organizador, por su dedicación y esfuerzo. Asimismo, queremos agradecer a los asistentes, expositores y particularmente a los destacados profesionales que presentaron los Trabajos Invitados.

Finalmente, la organización desea agradecer el apoyo dispensado por la Secretaría IUFRO en Austria y al Programa Especial para Países en Desarrollo de IUFRO (SPDC), tanto por el apoyo en la difusión del Simposio como por el aporte material para estas Actas y el CD adjunto.

José Antonio Prado Donoso
Director Ejecutivo
INSTITUTO FORESTAL

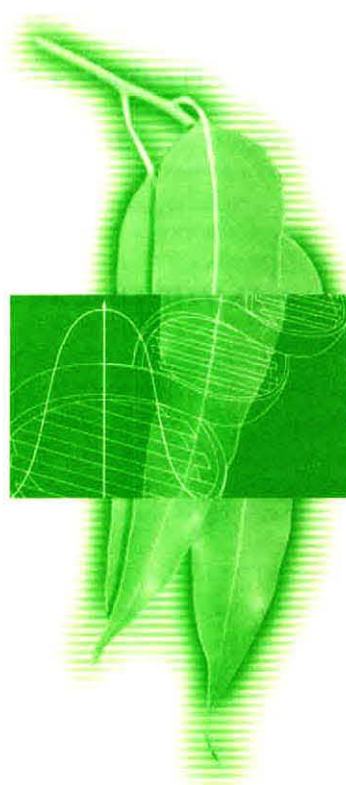
INDICE

Comité Organizador/Organising Committee	5
Prólogo/Prologue	7
Trabajos Invitados/Invited papers	11
Tema 1/Topic 1	25
Tema 2/Topic 2	63
Tema 3/Topic 3	83
Tema 4/Topic 4	91
Tema 5/Topic 5	105
Tema 6/Topic 6	121
Poster Papers	127



TRABAJOS INVITADOS

INVITED PAPER



PERSPECTIVAS PARA EL EUCALIPTO CHILENO

Fernando Raga C.¹

RESUMEN

Chile cuenta con 342 mil hectáreas plantadas del género *Eucalyptus*, principalmente de las especies *E. globulus* y *E. nitens*. Este recurso forestal se ha transformado en el segundo más importante después del pino radiata, que ha sido la base de la mayor proporción del desarrollo forestal que exhibe el país. La mayoría de la superficie plantada con eucaliptus se encuentra en edades jóvenes, por lo que es de esperar un importante incremento de la disponibilidad en los próximos años. Por su rápido crecimiento y las perspectivas de precio que se han visualizado, el establecimiento de eucaliptus se ha transformado en la opción predilecta de los forestadores no industriales.

En los siguientes puntos, se tratará de presentar elementos que ayuden a visualizar las perspectivas futuras para el Eucalipto chileno.

1. SITUACIÓN DEL EUCALIPTUS EN EL MUNDO
2. MERCADOS EXTERNOS PARA EL EUCALIPTUS PULPABLE
3. PERSPECTIVAS DEL MERCADO NACIONAL
4. EUCALIPTUS GLOBULUS Y NITENS

¹ Vicepresidente Corporación Chilena de la Madera (CORMA). Chile.



PRESENT AND FUTURE USES OF EUCALYPTS WOOD IN THE WORLD

R. C. Kellison¹

SUMMARY

Before 1950 eucalypts wood from indigenous stands in Australia and Indo-Malaysia, and from fast-growing plantations of exotic origin in Africa, Asia and South America was used almost exclusively for mining timbers, railroad crossties and fuelwood. As early as 1925, however, pioneering work on chemical pulping showed the suitability of eucalypts fibers for pulp and paper. That research led to establishment of large areas of plantation-grown eucalypts for paper and paperboard production throughout the tropics and subtropics. Today, market pulp mills exist for exclusive use of eucalypts on every continent where productive plantations exist. Because of its high fiber count, relative to other wood-property components, and because of the uniformity of the fibers, relative to other angiosperm species, the pulp is in high demand for sanitary products (fluff pulp), bleached board, and uncoated and coated freesheet, and secondarily for top liner on cardboard boxes¹ (superior printing surface for in-store advertising displays), corrugating medium, and as fillers for newsprint and linerboard.

Continued use is made of eucalypts for mining timber and fuel in many developing economies, and some use exists for species such as *Eucalyptus camaldulensis* for transmission poles (termite resistance) and *E. citriodora* for sawnwood (good wood stability). Limited use has also been made in the manufacture of hardboard from fast-growing species, such as *E. grandis*. The most recent use of fast-growing eucalypts is for lumber, much of which is destined for decorative products, inclusive of furniture. Aracruz Produtos de Madeira, at its new 43,000 m³/annum sawmill in southern Bahia state, Brazil, is the pioneer in the field with production of *Lyptus*[®] lumber. Other entrepreneurs will follow suit.

Future use of eucalypts will primarily be for pulp for the manufacture of paper and paperboard. That fiber will largely replace the hardwood resource being harvested in the temperate and boreal forests within the next 20 years. The reason is economics. Eucalypts pulp already brings a premium on the world market to that of other hardwood pulps, and the difference will only grow larger. Additional use will be made of eucalypts in manufacture of sawnwood as the prescription for lumber drying is refined. Some use will also be made of the resource in the manufacture of medium density fiberboard, and as extenders in plastic and molded lumber.

¹ PhD Professor Emeritus, North Carolina State University, Raleigh, NC 27695, Bob-kellison@ncsu.edu

HYBRIDISATION OF *EUCALYPTUS*: KEY ISSUES FOR BREEDERS AND GENETICISTS

Brad M. Potts^{1,2} and Heidi S. Dungey^{1,3}

SUMMARY

Eucalypt hybrids are a significant component of plantation forestry, particularly in the sub-tropics and tropics. While some multi-clonal seed orchards are used for F_1 hybrid production, cost efficient, clonal propagation is the key to their successful exploitation. Failures to develop such systems mean limited deployment and limited success of many desirable hybrids, particularly in temperate regions. The outstanding success of selected hybrid clones has given a biased impression of the vigour of eucalypt hybrids and the strength of reproductive barriers in the genus. When full account is made of losses through the life cycle, a picture of high incompatibility and inviability often emerges. Hybrid inviability tends to increase with increasing taxonomic distance between taxa, but there are exceptions. Crossing between the *Transversaria* and *Exsertaria* sections is atypically successful, consistent with molecular studies that question the validity of these sections. Hybrids also seem more susceptible to pests than their pure species. Intense selection may still result in elite hybrid clones, but such inviability and susceptibility adds a significant cost to their development. Recent advances in crossing techniques have slashed this cost and could lead to systems for propagating full-sib hybrid families for deployment. Nevertheless, breeders must carefully evaluate the costs of hybrid development and deployment compared with the option of pure species testing and breeding. Historically hybrid development has focused on F_1 hybrids to capture heterosis. However, developing hybrids that combine complementary traits now appears to be of more concern and explains many reports of hybrid superiority. A key to hybrid selection is the rapid development and testing of large populations and application of high selection intensities. Eventually this approach must be linked with more formal breeding strategies such as reciprocal recurrent selection or recurrent selection. As most traits are intermediate in F_1 hybrids there is increasing interest in advanced generation hybrids to provide the desirable combination of traits. In such cases, there is a clear role for marker assisted selection to speed introgression.

KEYWORDS: *Eucalyptus*, hybrids, seed production, hybrid inviability, incompatibility, heterosis, genetics, breeding strategy

¹ CRC for Sustainable Production Forestry

² School of Plant Science, University of Tasmania, GPO Box 252-55, Hobart, Tasmania, Australia.
B.M.Potts@utas.edu.au

³ Queensland Forestry Research Institute, MS 483, Fraser Road, Gympie, Queensland 4570, Australia.

Present address: Forest Research, Sala Street, Private Bag 3020, Rotorua, New Zealand.
heidi.dungey@forestresearch.co.nz

OPTIMIZACION DE GANANCIAS EN MEJORAMIENTO GENETICO FORESTAL

Claudio Balocchi L.¹

SUMMARY

The genetic gain obtained in a breeding program depends on the development and operational use of the high potential genetic material. The maximization of these genetic gains depends on the efficiency of the different components of the ¹ forest production process. This includes, for e.g., the genetic, establishment, protection, management and utilization programs. The adequate management of the factors that affect the efficiency in each of these programs will have a direct incidence on the net gain that could be achieved in a tree improvement program.

The genetic gain can be optimized by managing factors such as selection intensity, genetic variability, allocation of families/clones to specific sites, use of families/clones for specific production objectives, optimization of the familiar/clonal silvicultural management, use of biotechnological tools to improve the efficiency in each breeding phase, etc.

Finally, it is important to note that the optimization of the genetic gains can only be achieved through the analysis of the whole productive process, taking into account factors as simple as the ones mentioned above.

RESUMEN

La ganancia genética a obtener en un programa de mejoramiento genético depende del desarrollo y de la utilización operacional de material genético de alta potencialidad. La maximización de las ganancias genéticas depende por lo tanto de la eficiencia conjunta de los componentes del proceso productivo forestal. Esto incluye, por ejemplo, los programas de genética, establecimiento, protección, manejo y utilización. El adecuado manejo de los factores que afectan la eficiencia de cada uno de estos programas tendrá una incidencia directa sobre la ganancia efectiva que se obtendrá en un programa de mejoramiento genético.

La ganancia genética se puede optimizar a través del manejo de factores tales como la intensidad de selección, variabilidad genética, asignación de familias/clones a sitios específicos, uso de familias/clones para objetivos productivos específicos, optimización del manejo silvícola familiar/clonal, aplicación de herramientas biotecnológicas para mejorar las eficiencia de cada una de las fases de mejoramiento, etc.

Finalmente se desea enfatizar que solamente a través de un análisis del proceso productivo en conjunto, considerando factores muy simples como los mencionados anteriormente, es factible optimizar las ganancias genéticas desde un punto de vista productivo y rentable.

¹ Jefe División Mejoramiento Genético BIOFOREST. Forestal Arauco. Chile. Cbalocch@arauco.cl

GENOMIC TECHNOLOGIES FOR THE DEVELOPMENT OF THE EUCALYPT OF THE FUTURE

Dario Grattapaglia¹

SUMMARY

Molecular breeding based on the ¹ direct identification of useful variation at the DNA level through the use of genomic tools and genomic knowledge should provide new opportunities for the genetic manipulation of growth, form and especially wood properties of planted trees. As researchers can now view the complete genome sequence for a plant, *Arabidopsis*, the next decades will certainly see an outbreak of activity deciphering the function of these genes and how this intricate network of gene actions relates to that of other plant species, including crop plants and forest trees. Ultimately, plant genomics may lead to the genetic modification of plants through directed selective breeding and potentially transgenic technology for optimal performance in different biological, ecological, and cultural environments for the benefit of humans and the environment.

Almost fifteen years have passed since the first experiments in molecular genetics of forest trees begun, mainly geared toward the cloning of lignin genes and the development of genetic maps. Since the outset, many expectations of fast and accurate methods for early marker-based selection in trees were generated in the breeder's community. Undoubtedly, a significant progress has been made in the accumulation of knowledge of tree genomes and function of a small group of genes, mainly involved in lignin biosynthesis. At the same time the development of faster and better molecular markers has prompted some operational applications mainly in quality control of breeding practices. With the advancement of the research, it also became clear, however, that several challenges still remain ahead before more refined and higher impact applications can be implemented so as to fully realize the promises of molecular breeding in forest trees.

In the last few years, the advent of high throughput genomic technologies has opened new perspectives about the speed and detail with which one can investigate genes, genomes and complex traits. As several genome projects in forest trees are advancing, further expectations will be generated in the forest tree breeder's community. The understanding should be, however, that genomic technologies will essentially provide information, not answers. A genomic approach to a more detailed understanding of important metabolic and physiological processes that result, for example, in wood formation, and the identification of the genes that determine the major features of wood properties should eventually lead to new opportunities for directed genetic modifications of far reaching economic impact. Breeders who deal with complex phenotypes have often viewed molecular biology as inadequate to explain complex processes because it could not identify the specific components and their interactions. As we enter the century of biology, tools are rapidly becoming available to fill this gap. It should be kept in mind, however, that solid breeding strategies coupled to sophisticated quantitative methods, breeder's experience and breeder's intuition will relentlessly continue to generate important genetic gains and have a clear measurable impact on production forestry. Biotechnology, and more specifically genomics still has to move from promises to facts and finally prove its value. Even with these more powerful tools, that allow a much more global and integrated view of genetic processes, genomics will only **succeed in contributing to the development of the eucalypt of the future** if deeply interconnected with intensive fieldwork and **creative breeding**. In this context, I will also briefly describe the structure and objectives of the eucalypt genomic research initiative we are starting in Brazil, the so-called GENOLYPTUS Project.

¹ Professor Graduate Programme in Genomics. Catholic University of Brasilia. Brasil

"DEPLOYMENT DECISIONS - CAPTURING THE BENEFITS OF TREE IMPROVEMENT WITH CLONES AND SEEDLINGS"

A.R. Griffin¹

SUMMARY

Biological and management issues affecting the deployment of improved seed and/or clones are discussed with reference to the programs of Forestal y Agrícola Monteaguila S.A. in Chile (*E.globulus* and *E.nitens*) and Forestal Oriental S.A. in Uruguay (*E.grandis* and *E.dunnii*).

Within 9 years of starting the improvement programs 100% of *E. globulus* and 85% of *E. grandis* was planted with stock of SSO quality or above. For the other species biological problems with flowering and seed production have delayed self-sufficiency.

Both companies have established sound clonal programs for one of their respective species, but this option is not possible for *E.nitens* and not yet well developed for *E.dunnii*. The importance of involving operations, planning and marketing as well as the breeders in deployment decisions is emphasised.

¹ Shell Forestry Technical Services, c/o HRI, East Malling, West Malling, Kent ME19 6BJ, UK

THE PURPOSE OF BREEDING IS BREEDING FOR A PURPOSE

Nuno M. G. Borralho¹

SUMMARY

The design and optimization of breeding activities (which we often call breeding strategy) evolved as programs and tree breeders matured. First, it focused on guidelines to sample natural populations, establish and structure base populations, and plan the series of discrete activities, for each generation of breeding. This was a reasonable approximation of reality during the initial phases of a program. However, most advanced generation programs now face considerable degree of overlapping in generations, have complex pedigree and field data, which accumulate over several generations. Breeding programs are more than ever part of a global business strategy to improve competitiveness, and are constrained in resources and must compete with other sources of technological improvement. To optimize breeding activities implies having a clearly defined objective function, where economic gain associated with each selection and deployment decision, and rules to guide and monitor the various breeding activities. Optimization process is therefore based on how such rules affect the overall objective function.

As we will discuss later, breeding organizations should optimize their operations depending on the economic benefits achieved, the extent which new improved plants are deployed commercially, and the cost-effectiveness as a source of technological improvements in the production system, in relation with other alternatives. The implications of such a structure in the running and control of breeding programs and what should be the main challenges will also be addressed.

¹ RAIZ, Forest and Paper Research Institute, Herdade da Torre Bela, Ap 15, 2065-999 Alcoentre, Portugal
nborralho@raiz-iifp.pt



ENTERPRISE AND LEADERSHIP IN GENETIC PROJECT BREEDING: NUCLEUS AND CLUSTER STRATEGIES

Paul Cotterill^{1,2}

SUMMARY

It is a striking fact that the vast majority of the forest geneticists that the world has ever known are alive and working today. Our knowledge and human resource base for excellence in genetics is most definitely far greater today than ever before. This paper considers leadership, enterprise, strategy and achievement in the genetic improvement of forest tree species, particularly *Eucalyptus*. The concept of project breeding is discussed and examples are taken from the completed Project D95 for the second-generation improvement of *E. globulus* in Celbi, Portugal. Current breeding projects are also mentioned including Project 3D (*E. globulus* in Celbi), Project 4D (*E. grandis* and *E. urophylla* hybrids in Veracel, Brazil), FT40 (*E. globulus* in Forestry Tasmania) and Hybrid-60/6 (*E. globulus* in Grand Ridge Plantations, Australia).

Project breeding emphasizes five factors that are critical for successful tree improvement: (i) Defining the goals, (ii) defining the end, (iii) delivery to plantations, (iv) recognition and communication, and (v) strategy and planning. All genetics programs have a beginning but tree breeding is an activity that can tend to continue indefinitely. Genetic improvement requires goals that are simple, straightforward and, above all, present a substantial challenge. Without goals there is no challenge and no measure of success. The project concept with its precise goals and time frame regarding delivery of that goal into the plantations requires the best possible planning, forethought and breeding strategy. The communication and leadership challenges of a successful genetics project can be far greater than the genetics challenges.

The achievement of challenging production goals depends heavily on reliable testing, intensive selection and, of course, planning. Within this framework the role of "nucleus" and "cluster" strategies is discussed for project breeding. The well-known nucleus strategy focuses investment on a small elite group of trees designed to deliver rapid genetic progress. The cluster strategy involves clusters of families from matings based on dominant females and may be better suited to utilizing non-additive genetic variation compared with nucleus breeding. The criteria for choosing females are discussed.

¹ Paper prepared for the:
IUFRO Symposium on Developing the Eucalypt for the Future.
To be held at Valdivia, Chile; 10 - 15 September 2001.

² Gene Technics, PO Box 11, Red Hill, ACT 2603, Australia.

STRATEGIC AND TACTICAL OPTIONS FOR MANAGING THE QUALITY AND VALUE OF EUCALYPT PLANTATION RESOURCES

Philip Turner

ABSTRACT

The paper outlines options for managing the quality and value of eucalypt plantation resources. It begins with the hypothesis that variation is the largest single issue with regard to wood quality and that the extent of variation creates both the biggest problems and the greatest opportunities for maximizing the value of plantation resources. It is argued that we need to understand the essential characteristics of the resource, the extent of quality variation and what drives it. The paper considers the primary factors defining quality and value for pulp fibre and solid wood industries and appropriate screening technologies designed to rapidly and efficiently characterize the quality of commercial forest resources. An option for deployment of the knowledge gained from resource characterization is also considered. It is proposed that the use of optimisation systems that integrate information on resource quality and volume, process constraints and end product requirements can offer a quantum leap in realizing the true value of the forest resource at strategic, tactical and operational levels.

¹ Forestry and Forest Products Research Centre, Durban.

¹ The Forestry and Forest Products Research Centre is a joint venture between the CSIR and the University of Natal, South Africa.

EVOLUTION OF TECHNOLOGY FOR CLONING *EUCALYPTUS* IN LARGE SCALE

Teotônio Francisco de Assis¹

ABSTRACT

Mass vegetative propagation has become an important tool for increasing the competitiveness of forestry based industry. This method reaches its highest potential when is used to establish clonal forests of hybrids endowed with better wood quality and higher volumetric growth. However, in *Eucalyptus* species, the popular method of rooting stem-cuttings has limitation, like quick loss of rooting competence due to ontogenetic aging, intra-clonal variation resulting from topophysis, and poor quality root system, that negatively affect genetic expression of several clones.

This article reports two alternative super-intensive systems, micro- and mini-cutting, for cloning *Eucalyptus* at commercial scale. These systems have shown great potential of substituting, rooting stem-cuttings with technical and economical advantages. Micro-cutting uses the apices obtained from micro-propagated plantlets, while the mini-cutting is based on the rooting of axillary sprouts from rooted stem-cuttings. In both systems the plants are managed intensively to produce mini-cuttings. Field clonal hedges are replaced by indoor hydroponics mini-hedges, which provide high degree of juvenility of micro-propagated plantlets or rooted cutting. The success of the systems also is dependent upon the optimal nutrient concentration of the resulting mini-cuttings.

Compared to stem-cuttings, the rooting of micro- or mini-cuttings improves rooting potential, rooting speed, root system quality, and reduces costs. Additionally, these systems offer the opportunity of physiological homogenization of propagules and drastically reduce topophysis effects. The development of these super-intensive cloning systems has set the stage for a new phase of mass vegetative propagation of *Eucalyptus* and other woody species.

¹ Klabin - Riocell S/A, P. O. Box 108, 92.500-000 Guaíba- RS Brazil



IMPROVING FOREST PRODUCTIVITY THROUGH BETTER UNDERSTANDING OF BIOLOGICAL MECHANISMS

Timothy L. White¹, Timothy A. Martin¹

SUMMARY

Forest plantations are an increasingly valuable resource to help meet the growing global demand for wood products. Further, many organizations recognize the importance of increasing forest productivity given the shrinking land base upon which to grow plantations in many parts of the world. In the future, we believe that major improvements in forest productivity, health and sustainability will derive directly from a better understanding of the underlying biological mechanisms influencing these complex processes.

In this paper, we highlight several new experimental approaches that are well-suited for studying biological mechanisms. These methods span many disciplines (silviculture, physiology, genetics and modeling) and a range of scales (molecular, organ, tissue, tree and stand levels). Maybe for the first time, these methods provide the scientific community with the tools needed to make huge strides in our basic understanding of forest biology. Over the next decade, scientists may be able to elucidate the underlying mechanisms controlling complex processes such as growth, development, ageing, disease resistance, wood properties, nutrition and others.

The potential applications of this new knowledge could conceivably affect all activities associated with plantation forestry, including: (1) Optimization of silvicultural prescriptions for specific sites, genotypes and desired products; (2) Increased health of forest plantations; (3) Mitigation of advanced-generation productivity decline in fast-growing plantations; (4) "Smart" breeding employing intimate knowledge of gene function and genotype composition to breed and select for desired alleles affecting targeted physiological processes; and (5) Efficient and effective gene conservation programs.

The time has never been better, in the sense of the myriad of new methods available to forest biologists. However, this work will be costly and time-consuming and will often require multi-disciplinary teams of scientists to untangle the complex mechanisms. Thus, we encourage private and governmental organizations to re-new and increase their support for all types of basic research in forest biology. Further, we hope that forest biologists will recognize the potential of integrated, team research focused on biological processes.

KEYWORDS: Tree physiology, scaling, clones, genomics, transgenics.

¹ School of Forest Resources and Conservation, Box 0410, University of Florida
Gainesville, Florida, 32611-0410, USA, Emails: tlwhite@ufl.edu; tamartin@ufl.edu



GENETIC TRANSFORMATION IN FORESTRY: STATE OF THE ART

Dave Ellis (1)

SUMMARY

Published peer-reviewed papers exist which confirm that it is now possible to genetically engineer most commercially important pulp and paper tree species. What a superficial glance at these papers fails to highlight however is the fact that although the genus or species can be transformed, we still lack reliable transformation technology for all but a few commercially valuable genotypes. This limitation lies not with the gene transfer technology, but rather with a lack of reliable tissue culture systems where single transgenic cells can be regenerated into whole trees. Despite this, considerable progress has been made in developing robust tissue culture systems for forest trees, an example being the development of somatic embryogenic systems in pines.

The development of new and advanced tissue culture systems which are amenable to transformation is coinciding with exciting advances in the modification of biochemical pathways important to the timber industry. The evaluation of transgenic traits in trees has progressed well beyond the agronomic traits of herbicide and insect resistance to significant modifications in lignin and cellulose modifications.

These changes have demonstrated that significant enhancements in pulping efficiencies, fiber length and quality as well as tree growth and yield are now possible.

Unfortunately, despite the huge potential, most of the discussions surrounding the use to transgenics in both forestry and agriculture have centered on the hypothetical risks/issues associated with the use of transgenics. Although most of the risks/issues have no sound scientific basis, they cannot be ignored. A majority of the issues can be addressed by the limitation of transgene spread. Therefore, there is a very wide and concerted effort in genetically engineering trees so that they have very limited or no reproductive structures. Considerable progress is being made in this endeavor yet a major limitation still remains the lack of good reliable early flowering model systems in trees.

(1) Director of Molecular Biology, CellFor Inc., Vancouver, B.C., CANADA



TEMA 1

TOPIC 1

OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD

Genética vs. Silvicultura
Factores Limitantes (Suelo, nutrientes, agua)
Selección de Especies y Procedencias
Sustentabilidad de la Producción a Largo Plazo

OPTIMISATION OF PRODUCTIVITY

Genetics vs. Silviculture
Limiting Factors (Soil, nutrition, water)
Species and Provenance Selection
Long Term Sustainability of Production



RESULTADOS DE LA ADAPTABILIDAD DE 24 ESPECIES DE *EUCALYPTUS* EN CUBA

Alicia Mercadet, J.R. Marquetti, M.Perez, P.Echevarria, A.Alvarez, Esperanza Hidalgo, Maria C. Berrios, E. Rodriguez, P. Romeu, y Denia Parada (*)

RESUMEN

Las especies del Género *Eucalyptus* han resultado atractivas en numerosos países por su amplia plasticidad ecológica, rápido crecimiento y diversidad de usos.

En Cuba este Género fue introducido por primera vez en 1867 y en 1928 se realiza la introducción de 54 especies provenientes de Australia en la provincia de Pinar del Rio.

A partir de esta fecha se realizaron algunas plantaciones para postes de servicio público principalmente con *E. saligna* y *E. citriodora*.

En 1972 se inicia por el CICF, hoy Instituto de Investigaciones Forestales un programa de introducción de especies, el cual incluye 24 especies de *Eucalyptus* suministradas por CSIRO, Australia; con el objetivo de definir las mejor adaptadas en diferentes localidades con condiciones de suelo y clima poco favorables para el desarrollo de especies consideradas de alto valor comercial, llamadas de “madera preciosa”.

Se evalúan los resultados de supervivencia y crecimiento en cinco localidades.

Actualmente las Empresas Forestales refieren la mayoría de sus plantaciones como *Eucalyptus sp.*, por lo que los resultados de los ensayos de introducción utilizando semilla certificada resultan muy útiles para la selección de especies según el objetivo de producción definido.

(*) Instituto de Investigaciones Forestales, Cuba. iif@ip.etecsa.cu



EFFECTOS DE LAS VARIABLES DE ESTABLECIMIENTO INICIAL EN EL CRECIMIENTO Y EN LA RENTABILIDAD DE PLANTACIONES DE *Eucalyptus globulus* Y *E. nitens*

Alvaro Zapata (1)

RESUMEN

Dentro de la red de ensayos y parcelas administrados por el Proyecto Modelo de Simulación de Eucalipto se encuentran 7 ensayos de establecimiento de las especies *E. globulus* y *E. nitens* en las zonas de crecimiento, entre las regiones VIII° y X°, consideradas por el proyecto : costa, valle, precordillera y sur. El diseño de experimento corresponde a un diseño de bloques completamente aleatorizado de tres factores y dos niveles cada uno : control de malezas (superficie completa hasta el cierre de copas y en bandas de 2 metros el primer año), fertilización (con fertilización y sin ella) y subsolado (subsolado, rastraje y moulding , y, sin subsolado). Se evaluó el efecto de estos factores en el crecimiento de las plantas hasta los 2 años, reflejado este en las variables altura total, diámetro a la altura del cuello (Dac) e índice de productividad. También se realizó un análisis del efecto de las variables de establecimiento en la rentabilidad gracias al uso del simulador de crecimiento Euca 2000 versión 2.0. Los mejores tratamientos en consideración del crecimiento a los dos años y la rentabilidad proyectada en base al cálculos del VPN son aquellos que incluyen control de malezas en toda la superficie y fertilización.

En general, los factores que explican las respuestas en crecimiento a los dos años de edad, en orden de importancia, son control de malezas, fertilización y preparación de sitio, siendo más importante su efecto individual que las interacciones producidas entre ellos. La preparación de sitio sólo se justifica, desde un punto de vista del crecimiento y de la rentabilidad, en aquellos suelos de tipo arcilloso y que presente un alto grado de deterioro producto de un uso anterior intensivo.

(1) Proyecto Modelo de Simulación de Eucalipto

Fundación Chile – Concepción.

Marco Polo 9038 Of. F y G. Talcahuano

56-41-480995

azapata@fundacionchile.org

RESPUESTAS MORFOLÓGICAS Y FISIOLÓGICAS DE PLANTINES DE 2 ORÍGENES DE *Eucalyptus globulus* ssp *maidenii* CON DISTINTOS NIVELES DE COBERTURA DE MALEZAS Y RIEGO

Ana M. Garau, Jorge H. Lemcoff.

RESUMEN

Se evaluaron dos poblaciones de *Eucalyptus globulus maidenii* (Murrabrine y Tantawanglo) en condiciones semicontroladas, con diferente intensidad de competencia con malezas y niveles de riego. El ensayo consistió en un diseño factorial con doce tratamientos: dos orígenes de eucalipto con tres densidades de malezas (0%, 25% y 100%) y dos niveles de riego (alto: 3 l.día⁻¹ y bajo: 1 l.día⁻¹), con 20 repeticiones por tratamiento. En noviembre de 1999 se plantaron los individuos en contenedores de 80 cm altura x 60 cm diámetro, llenados con una mezcla de tierra y arena gruesa (3:1), bajo invernáculo con cubierta de polietileno. Se evaluó altura total, diámetro, área foliar, biomasa aérea y radical de los plantines. El crecimiento se evaluó como tasa de crecimiento relativo. También se estimó el contenido hídrico del suelo, el de los plantines y se calcularon las variables hídricas de las plantas que suministran las curvas presión-volumen. En base a esta última información se estimó el ajuste osmótico (AO) y el ajuste elástico (AE). Al segundo mes de plantación la tasa de crecimiento relativo en diámetro de las plantas con cobertura total de malezas era sólo un 30% del control. La altura, de menor sensibilidad ante la competencia, también fue afectada, pero sobre todo la tasa de crecimiento del área foliar fue sólo un 5% del control durante dicho período. El origen Murrabrine presentó un mejor crecimiento que el Tantawanglo, tanto en su parte aérea como radical. Con 25% de malezas el crecimiento de la biomasa foliar disminuyó un 53% contra un 80% en el Tantawanglo y considerando el efecto riego el crecimiento de la biomasa foliar es un 32% inferior en el Murrabrine contra un 68% del Tantawanglo. En el desarrollo del sistema radical las diferencias son significativas a favor del origen Murrabrine en los niveles con presencia de malezas.

Murrabrine presentó, en general, un mejor estado hídrico que Tantawanglo. La cobertura máxima de malezas (100%) generó diferencias en el potencial agua foliar a la madrugada de hasta -1.37 MPa con respecto al control y la presencia de sólo un 25% de malezas determinó un desmejoramiento del estado hídrico de las plantas. También se observó en las mismas una disminución de la conductancia estomática tanto por efecto de las malezas como del riego. El estrés hídrico determinó el desarrollo de diferentes estrategias de tolerancia: las plantas realizaron ajuste osmótico y elástico. Ambos orígenes realizaron ajuste osmótico, de distinta magnitud según el nivel de malezas y el nivel de riego analizado. Murrabrine evidenció el máximo ajuste: 0.65 MPa con cobertura máxima de malezas y estrés contra 0.50 MPa en el Tantawanglo. Ambos orígenes presentaron endurecimiento de similar magnitud en sus paredes celulares. Respuestas como el ajuste osmótico y/o elástico se encuentran documentadas para esta y otras especies de *Eucalyptus*. La posibilidad de existencia de condiciones de estrés hídrico durante la implantación es esperable dada la época de plantación de esta especie, y en tal sentido, el mantenimiento de un mejor estado hídrico posibilitaría mejorar la posibilidad de supervivencia de los plantines.

Palabras clave: implantación, *E. g. maidenii*, malezas

Ings. Agrónomos, Profesores Cátedras Dasonomía y Fisiología Vegetal, Facultad Agronomía, Universidad Buenos Aires, Argentina.

EFECTOS DE LA FERTILIZACIÓN MINERAL DE BORO EN EL MARCHITAMIENTO DE APICES DE *Eucalyptus camaldulensis* DEHNH. EN EL CERRADO DE MINAS GERAIS, BRASIL

Antonio Lelis Pinheiro (1)

SUMMARY

The present work analyses the influence of the application of micronutrients in the die-back of *Eucalyptus* spp. Particular attention was paid to boron application on *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. planted on two different types of soils in the Cerrado (typical vegetation of Central-Western Brazilian Region) as follows: sandy-loam and very clayey soils. In the sandy-loam soils, the species uses boron better than in the very clayey soils.

RESUMEN

El presente trabajo analiza el efecto de aplicaciones de micronutrientes sobre el marchitamiento de ápices en *Eucalyptus* spp. Especial atención se presta a la aplicación de boro en *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. plantado en dos diferentes tipos de suelo en el Cerrado (vegetación típica de la región centro-oeste de Brasil); arenoso limoso y muy arcilloso. En el primero la especie utiliza el boro mejor que en el suelo arcilloso.

Palabras-claves: Boro, *Eucalyptus camaldulensis*, suelos, cerrado

(1)Universidade Federal de Viçosa-Minas Gerais - Brasil

FERTILIZACIÓN DE PLANTACIONES DE EUCALIPTO EN SABANAS INFERTILES DEL ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA

¹Carlos Contreras

RESUMEN

El estado Bolívar en Venezuela posee grandes extensiones de tierras disponibles y con un gran potencial para el establecimiento de plantaciones forestales. La mayoría de las plantaciones tropicales requieren fertilización debido a sus cortas rotaciones y las deficiencias nutricionales de los suelos. En Guayana se ha plantado eucalipto sin considerar algunos factores adversos como la baja fertilidad de sus suelos. Bajo un régimen de manejo forestal intensivo la fertilización de plantaciones en esta región debe ser una actividad prioritaria si se quiere tener éxito en el establecimiento de especies de rápido crecimiento. El objetivo general de esta investigación fue desarrollar y perfeccionar un régimen de fertilización eficiente de las plantaciones de eucalipto en las sabanas del Fundo El Rosario (Hato la Vergareña), a fin de incrementar la productividad de estas plantaciones con el mínimo impacto negativo sobre los suelos y al menor costo posible. Los objetivos específicos fueron: determinar el tipo de fertilizante más adecuado para las plantaciones de *Eucalyptus urophylla*; determinar las dosis y las frecuencias de aplicación más eficientes de los fertilizantes y proporcionar información para formular tratamientos en nuevos ensayos de fertilización. El diseño experimental consistió en el establecimiento de dos bloques completos al azar dentro de la plantación comercial con parcelas cuadradas de 7 x 7 árboles los cuales estaban distanciados a 3 x 3,5 m. Los ocho tratamientos consistieron en la aplicación de cuatro dosis (0, 123, 245 y 367 gramos por planta de: N - P - K (10-26-26-CP) y el fertilizante FOSFOPODER respectivamente). Se hizo tres mediciones de la altura: la primera al momento de establecimiento del ensayo; la segunda a los 7,5 meses y la última a un año de edad. Los resultados muestran que a los 7,5 meses se observaron diferencias significativas en el crecimiento en altura de las plantas entre tratamientos. Esta variabilidad se mantuvo a un año de edad. La tendencia de la curva de crecimiento indicó que los valores promedios de altura son mayores en la medida que aumentan las dosis de fertilizantes. Es decir, que hubo un efecto positivo de las dosis de fertilizantes sobre el crecimiento inicial en altura de las plantas. El fertilizante compuesto: N-P-K: 10-26-26-CP, fue ligeramente superior al FOSFOPODER. En conclusión, el efecto de las dosis de los fertilizantes utilizados muestran una respuesta altamente significativa sobre el crecimiento inicial de las plantas de *Eucalyptus urophylla* en las condiciones edafoclimáticas de las sabanas del Fundo el Rosario (Hato la Vergareña) en el estado Bolívar. Con base en los resultados preliminares del ensayo de fertilización objeto del presente estudio se puede señalar que la dosis óptima de fertilización inicial de las plantaciones de *Eucalyptus urophylla*, con FOSFOPODER o con N-P-K: 10-26-26-CP, puede encontrarse entre 143 y 245 gramos por planta. Se recomienda realizar otros ensayos de frecuencias de aplicación probando diversas dosis totales de fertilizantes, en diferentes clases de suelos.

Palabras Clave: Silvicultura, Plantaciones Forestales, *Eucalyptus urophylla*, Fertilización forestal.

¹Ingeniero Forestal MSc Institución: Universidad Lisandro Alvarado UCLA-Decanato de Agronomía, Edo Lara, Venezuela e-mail: contrerasc@cantv.net

DEMANDA DE N,P y K EN LOS TRES PRIMEROS AÑOS DE CRECIMIENTO DE *Eucalyptus nitens* Maiden y *Eucalyptus globulus* Labill EN TRES ECOSISTEMAS DE LA VIII REGION(*)

Domingo Suárez F.² Claudia Bonomelli de P.¹

RESUMEN

Para poder estimar la demanda de nutrientes de una especie forestal es necesario conocer su absorción, acumulación y partición en los árboles desde su primera temporada de crecimiento hasta cierre completo del dosel. La concentración promedio ponderada de los nutrientes en el árbol corresponde al parámetro de demanda nutricional conocido como "requerimiento interno" (RI:

$$RI(\%) = (\text{Contenido Total de Nutriente/Biomasa Total}) \cdot 100$$

Con el objeto de poder estimar la demanda de N, P y K se establecieron tres experimentos representativos de cuatro ecosistemas de la VIII Región: Costa, Valle Central y Precordillera.

Al cabo de 1, 2 y 3 años de crecimiento se muestrearon árboles completos con nutrición óptima en los que se determinó la biomasa total y la de sus componentes: hojas, ramas, tallo y corteza. En cada componente se determinó las concentraciones de N, P y K. Con esa información se pudo determinar el contenido total de nutrientes y con él los requerimientos internos.

Debido a que las mayores concentraciones de nutrientes se encuentran en las hojas y dada la evolución de la distribución de las biomasa en el tiempo los requerimientos internos disminuyen con la edad de los árboles. Esto hace que la demanda de nutrientes no sea proporcional al crecimiento (acumulación de biomasa).

Aunque se produjeron crecimientos significativamente diferentes en los distintos ecosistemas los requerimientos internos resultantes de las mediciones de campo y laboratorio son estadísticamente constantes lo que avala una vez más su calidad de parámetro nutricional confiable para el cálculo de la demanda de nutrientes y así apuntar a información objetiva sobre la ocurrencia de deficiencias nutricionales y en consecuencia a necesidades de fertilización.

• Proyecto " Fertilización Forestal". Programa "Fertilidad, Fertilizantes y Enmiendas". Pontificia Universidad Católica de Chile.

1. Ingeniero Agrónomo M.Sc. Profesor Auxiliar. Pontificia Universidad Católica de Chile. E-mail: cbonomel@puc.cl

2. Ingeniero Agrónomo M.Sc. Ph.D. Profesor Titular. Pontificia Universidad Católica de Chile. E-mail: dsuarezf@puc.cl

OPTIMIZACION DEL MANEJO DE UN MONTE SOMETIDO A RALEOS

Douglas Simonet Fletcher (1)

RESUMEN

En este trabajo se presenta una metodología para la optimización de la Tasa Interna de Retorno del manejo de un monte de *Eucalyptus grandis* sometido a raleos. Para ello se consideran como gastos los costos de inversión, funcionamiento y los costos y momentos de poda. Como ganancia se considera un valor líquido de la venta de madera (el bruto menos los costos de corte, carga y transporte).

La metodología desarrolla un modelo planteado en ecuaciones diferenciales, que permite calcular alturas y volúmenes en función del tiempo a medida que se efectúan raleos y también define un árbol teórico (cilíndrico en la base, de diámetro igual al diámetro de altura de pecho (DAP), y con forma de “paraboloide” en la parte superior, de igual volumen del árbol calculado por el modelo y coeficiente de forma de un árbol real representativo del monte en estudio), que permite conocer de forma bastante aproximada el diámetro en función de la altura. En el “II Congreso Nacional y II Congreso Regional del Cono Sur” (Montevideo, 1999), organizado por la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria, se presentó “3Sim, Modelo de Predicción de Crecimiento de Poblaciones” (D.Simonet, 1999), que es un modelo formalmente análogo al que se presenta en este trabajo y que se adapta al pronóstico de producción de madera en bosques con y sin raleos. El cálculo de las alturas es formalmente la ley de acción de las masas, que da como resultado una función de las utilizadas para el ajuste de alturas. Conociendo altura, volumen, densidad de plantación, conociendo el coeficiente de forma, se determina DAP.

Conociendo la cantidad de madera, el número de árboles y la forma del árbol a través del tiempo, se lo puede “cortar” teóricamente en trozas de dos metros cincuenta (en el caso que se estudia) y calcular el valor de cada troza al conocer sus dimensiones, si se le efectuó poda o no y el valor de la madera en función del diámetro y destino (descarte, pulpa, aserrío) y así completar todos los elementos necesarios para optimizar el flujo de caja.

Se estudia un monte sometido a dos raleos y turno final. Las variables son densidades iniciales y después de cada raleo, los momentos de raleo y de turno final, en total seis variables. Se establecieron como restricciones densidades máximas y mínimas de plantación y densidad mínima de turno final, cuándo se inician los raleos y el máximo tiempo de turno final. Para las corridas de optimización se usa un software de la Palisade Corp. (Evolver) que utiliza algoritmos genéticos, sobre una planilla Excel.

Cabe destacar que pese a que los cálculos de volúmenes, alturas, diámetros y forma del árbol son desarrollos teóricos, las formas de las curvas de crecimiento tienen un ajuste adecuado a las curvas reales, lo que le da justificación a esta metodología y validez a los resultados obtenidos, que, obviamente, dependen de las relaciones de los costos y ganancias.

Ingeniero Civil. Douglas Simonet Fletcher (empresa forestal). Uruguay Dsf@adinet.com.uy



ENSAYOS DE PREPARACIÓN DEL TERRENO PARA EL ESTABLECIMIENTO DE MASAS CLONALES DE *Eucalyptus globulus* (Labill.) EN DISTINTOS SUELOS DE LA PROVINCIA DE HUELVA (ESPAÑA)

F. Ruiz¹, F. Soria¹ y G. Toval²

RESUMEN

En el presente trabajo se describen y analizan dos ensayos de preparación de terreno para el establecimiento de masas clonales de *Eucalyptus globulus* en dos estaciones forestales características de la provincia de Huelva (España): “Arenales de Llanuras Costeras” y “Suelos Pizarrosos del Andévalo”.

En cada uno de los emplazamientos, se ensayan 4 técnicas distintas de preparación de suelos. El diseño estadístico de los ensayos es de bloques completos aleatorizados, considerándose 4 bloques y parcelas elementales de 0,125 ha (50 x 25 m). Se midieron las alturas totales de las plantas, cada uno de los 3 años siguientes a la plantación y los DAP al tercer año de edad.

El Análisis de Varianza (ANOVA) puso de relieve un alto nivel de significación estadística ($p < 0,05$) del efecto “tratamiento” para las variables analizadas en ambos ensayos. En terrenos arenosos destacaron las técnicas de preparación que implicaban un subsolado profundo del terreno, frente a las preparaciones superficiales. Sobre suelos pizarrosos los resultados obtenidos ponen de manifiesto la necesidad de realizar preparaciones profundas para obtener buenos crecimientos iniciales. Además, en este lugar se detectaron diferencias de crecimiento dependiendo de la transformación sufrida por el horizonte superficial del suelo tras el subsolado. En este ensayo se evaluó también la estabilidad individual de los árboles del ensayo a través de la inclinación que presentaron después de un episodio de fuertes vientos en la comarca. La preparación profunda del suelo y la localización de la planta con arreglo a ésta mostraron tener influencia moderada ($p < 0,1$) sobre la estabilidad de los árboles.

Palabras Claves: *Eucalyptus globulus*, preparación del terreno, subsolado.



ENSAYOS FACTORIALES DE FERTILIZACIÓN EN MASAS DE *Eucalyptus globulus* (Labill.) DE MEDIANA EDAD. ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DE INVERSIÓN POR FERTILIZACIÓN

F. Ruiz¹; F. Soria¹; M. Pardo³ & G. Toval²

RESUMEN

Este trabajo describe y analiza los resultados obtenidos en dos ensayos factoriales de fertilización N-P-K sobre masas comerciales de *Eucalyptus globulus* de mediana edad. Los ensayos se localizaron en dos estaciones forestales representativas de la provincia de Huelva (SW de España): “Arenales de Llanuras Costeras” y “Suelos Pizarrosos del Andévalo”.

En ambas localizaciones se ensayaron los 27 tratamientos resultantes de la combinación factorial de tres macronutrientes (N, P_2O_5 y K_2O) en tres dosis crecientes de cada uno de ellos (0, 75 y 150 kg/ha). El diseño estadístico elegido fue de bloques completos aleatorizados, con 5 bloques y parcelas elementales de 4 plantas.

El análisis a través de un GLM (General Lineal Model) del crecimiento diametral durante los años siguientes a la aplicación de los fertilizantes y hasta la corta y aprovechamiento de la masa puso de manifiesto diferencias cualitativas en respuesta a la fertilización entre ambos ensayos. Sobre suelos arenosos fue significativo ($p < 0,05$) el efecto del N sobre el crecimiento total experimentado por los árboles hasta la fecha de corta. Sobre pizarras las plantas respondieron positivamente ($p < 0,05$) en el crecimiento final para los efectos N y K_2O .

Una estimación del volumen de madera ganado a la edad de turno con el mejor tratamiento y un análisis económico de la inversión por fertilización ponen de manifiesto la rentabilidad de esta operación selvícola, con un incremento del VAN (Valor Actual Neto) que oscila entre el 8,3 y el 38,6%, dependiendo de la zona.

Palabras Claves: *Eucalyptus globulus*, fertilización, factorial, macronutriente, rentabilidad.

SUSTAINABILITY OF EUCALYPTUS PLANTATIONS IN THE KOUILOU BASIN (CONGO)

Georges J. Nizinski (1)

SUMMARY

Since 1950 approximately, the savannah of the Congolese littoral has gradually been planted with *Eucalyptus* in dense populations exploited on rotations of seven years. To appreciate the sustainability of these plantations of *Eucalyptus*, it is necessary to make a comparative study of energy, carbon, mineral and water balances of two ecosystems, i.e. the original savannah ecosystem, and the man-made ecosystem the *Eucalyptus* plantations that has succeeded it. The aim of this work is to study the water balance of the two ecosystems and more particularly their actual evapotranspiration (transpiration and evaporation).

In a six years-old *Eucalyptus* plantation (*Eucalyptus PF1* and *Eucalyptus 12ABL*saligna*), mean height is 24.2 m, mean stem diameter at soil level is 0.17 m, stand density is 502 trees.ha⁻¹, total basal area is 11.0 m².ha⁻¹, leaf area index is 3.2, total wood production is 118.5 m³.ha⁻¹. In a savannah with *Loudetia arundinacea*, gross precipitations (Pi), throughfall (rain gauges) and soil water content (neutron probe) were measured weekly during the rainy season from November 1996 to April 1997, from November 1997 to April 1998, from November 1998 to April 1999 and during the dry season, from June to September 1997 and from June to September 1998. Actual evapotranspiration (E_a), net interception and transpiration were derived by the water balance equation method. Moreover, transpiration was measured using the radial flow meter. The soil water profiles (soil water content and potential plotted to soil depth) were established, indicating of preferential water uptake zones and rooting depths of *Eucalyptus* plantation (5 m depth) and savannah species (3 m depth).

Throughfall, net interception during the rainy seasons (1996-1997, 1997-1998 and 1998-1999) were 867.1 mm and 112.1 mm (88.7 and 11.3 % of Pi) for the *Eucalyptus* plantation and 878.1 mm and 101.1 mm (90.1 % and 9.9 % of Pi) for the savannah, respectively. The mean seasonal daily actual transpiration of the plantation and savannah was 3.6 and 2.6 mm.day⁻¹ during the rainy season (November to April) and 1.4 and 0.9 mm.day⁻¹ during the dry season (June to September); the mean seasonal daily actual evapotranspiration of the plantation and the savannah was 4.2 and 3.2 mm.day⁻¹ (rainy season) and 1.4 and 0.9 mm.day⁻¹ (dry season); the total seasonal actual evapotranspiration was 767.4 mm and 579.0 mm (rainy season) and 183.0 mm and 121.5 mm (dry season), with total annual respectively 1127.1 mm for a plantation (94.9% of Pi) and 820.7 mm for a savannah (69.1 % of % of Pi). During the year transpiration/potential evapotranspiration ratio (T/E_p) is related to the soil-water depletion: The T/E_p ratio of 0.79 was not reduced from field capacity (R_{FC}=618 mm) until 65 % of R_{FC} (402 mm), and then it decreased quickly to near zero (0-0.2) at wilting point or 53.1 % of R_{FC} (R_{FC}=309 mm). The drainage out of rooting depths of savannah has occurred during the rainy season of 1997-1998 and 1998-1999, was of 827.3 mm, a total over 3 years (0, 389.7 and 437.6 mm); while the drainage out of rooting depths of *Eucalyptus* plantation was of 470.3 mm (0, 207.1 and 263.2 mm), a difference in drainage between two ecosystems of 357.0 mm a total over these three years (0, 182.6 and 174.4 mm).

The *Eucalyptus* plantation is the men-made ecosystem which takes up and transpires every day throughout the year and uses all available water. The succession of several rain-deficient years will reduce the wood production of the plantation but, knowing that between 1949 and 1998 four successive rain-deficient years have only occurred one while the length of rotation is seven years, this « dry » episode does not compromise the survival of the plantation, although it reduces its wood production. The savannah has a cycle of vegetation such that at the end of the dry season (September) the water remaining in the rooting depths of savannah (15 % of R_{AW})(R_{AW}=181 mm), is sufficient for three successive rain-deficient years to have no impact on its production.

Key Words: sustainability; plantation; *Eucalyptus*; savannah; soil-water balance; evapotranspiration

(1) Institut de Recherche pour le Développement (I.R.D.-ORSTOM), Laboratoire d'Ecophysiologie Végétale, Université de Paris-Sud, Bâtiment 362, 91405 Orsay cedex, France, phone: 33-1-69-15-71-36, fax: 33-1-69-15-72-38, e-mail: ird.orstom.nizinski@wanadoo.fr

WATER RELATIONS OF EUCALYPT CLONES GROWING UNDER DIFFERENT WATER REGIMES¹

Geraldo G. Reis², José H. Chaves³, Maria das Graças F. Reis², Júlio C. L. Neves⁴
Antônio N. Gomes⁵

SUMMARY

Eucalypt plantations in Brazil have been established in areas characterized by exhibiting a low precipitation with irregular distribution. For this reason, it is very important to select genetic material resistant to drought for these areas. The identification of morphological and physiological characteristics related to resistance of drought is important to allow early selection of the genetic material to be planted in these sites. In order to identify the best characteristics for this selection, a study was developed, simulating field conditions by using tubes of 15 x 50 cm, using five different clones (0063, 0321, 1250, 1260 and 1277) of *Eucalyptus grandis* which are known to present different growth behavior as related to water availability in the field. The plants were submitted to four cycles of three different water regimes (irrigation to field capacity, and re-irrigation after reaching $-0,5$ Mpa and $-1,5$ Mpa).

The clone 0321 presented the highest stomata conductance and the clone 1260 presented, in general, the lowest water conductance independently of the irrigation level. The clone 1277 presented a very low stomata conductance in the first drying cycle, and, because of its sensibility to water stress, presented the highest leaf abscission even with moderate water stress. Therefore, its capacity to recover leaf area was very high, reason for presenting intermediate stomata conductance from the second to the fourth dry cycles. Water stress promoted reduction of the leaf water potential for all clones, especially for the 1277, which is, probably, the reason for a very high leaf abscission for this clone in the first drying cycle. In conclusion, the study of water relations of eucalypt clones was helpful in the understanding of resistance to drought, being the clone 1260 the least sensitive and, the clone 1277 the most sensitive to drought, however, with a great capacity to recover from leaf abscission after being re-watered.

Key words: Water relations, early selection of clones, eucalypt

¹ Funded by CNPq, FAPEMIG, COPENER Florestal Ltda.

² Professor - Dept^o Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, 36571-000 – Viçosa/MG, Brasil - greis@mail.ufv.br

³ Forest Engineer, M.S. - Dept^o Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa – 36571-000 Viçosa, MG, Brasil

⁴ Professor - Dept^o de Solos, Universidade Federal de Viçosa - 36571-000 Viçosa, MG, Brasil,

⁵ Forest Engineer, M.S. – Manager - COPENER Florestal Ltda. – Alagoinhas, BA, Brasil.



EFECTO DE LA DOSIS DE N y P AL ESTABLECIMIENTO Y POST-ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES DE *Eucalyptus nitens* Maiden y *Eucalyptus globulus* Labill EN DOS SUELOS DE LA VIII REGIÓN(*)

Gonzalo Puentes S.¹ y Domingo Suarez F.²

RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar la dosis de N y P en la fertilización de establecimiento como de post-establecimiento en plantaciones de *Eucalyptus nitens* Labill y *Eucalyptus globulus* Maiden en dos sitios de la VIII Región.

Para ello se establecieron tres experimentos en agosto de 1997. Uno se ubicó en un suelo derivado de cenizas volcánicas (andisol) en la precordillera y los otros dos en un suelo arcilloso del valle central (ultisol), el primero en condiciones de secano y el otro bajo riego tendido. En todos los casos el diseño fue de bloques al azar con cuatro repeticiones. Los tratamientos consideraron un testigo, sin fertilización, y combinaciones de dosis crecientes de nitrógeno y fósforo tanto al establecimiento como en dos oportunidades posteriores (a los 12 y 24 meses de crecimiento de los árboles). Las dosis de establecimiento alcanzaron entre 25 y 100 g de N/planta y entre 25 y 200 g de P_2O_5 /planta. Las dosis de post-establecimiento de hasta 100 g de N/planta y 50 g de P_2O_5 /planta. Para estudiar el efecto de los tratamientos se midió el índice de biomasa de las plantas a los 12, 24 y 36 meses de crecimiento de los árboles.

Los resultados muestran incrementos crecientes del índice de biomasa como resultado de la fertilización. Los crecimientos alcanzados fueron de mediana magnitud salvo en el tratamiento regado donde el crecimiento es significativamente superior. Debido a éstos incrementos la magnitud de los déficit nutricionales son pequeños y son suficientes dosis de 25 g de N/planta y de P_2O_5 /planta para corregirlos. En el caso del tratamiento regado aunque se produce un déficit nutricional significativamente mayor, también se soluciona con las mismas dosis debido a que en esas condiciones se incrementa la eficiencia de absorción de las raíces superficiales. Se puede concluir que en condiciones similares a las presentadas se pueden conseguir disminuciones importantes en el costo de fertilización.



GEOGRAPHIC GENETIC VARIATION IN CENTRAL VICTORIAN *Eucalyptus nitens*

Gregory Dutkowski¹, Brad Potts¹, Dean Williams¹, Peter Kube², Clare McArthur²

SUMMARY

Central Victorian *Eucalyptus nitens* is an important source of genetic material for plantations and breeding programs around the world. Patterns of genetic variation within this region have been relatively poorly studied since its separation from *E. denticulata* and its identification as a region of superior growth. A series of 5 trials, each measured for up to 13 traits, of 400 open-pollinated families from 20 localities provided the opportunity to examine geographic patterns of quantitative genetic variation. Traits included survival, growth, form, bark thickness, transition to adult foliage, pilodyn penetration, flowering and possum damage. Significant spatially structured locality variation was evident for most of the traits. Transition to adult foliage, pilodyn penetration and bark thickness were the most stable across trials, and survival was the least. Clustering of the localities grouped the Rubicon (*sensu strictu*), northern Toorongo and Macalister provenances together (with the exception of Connors Plain, a high altitude locality), with the southern Toorongo, Mt Erica, Mt. Donna Buang, and Toolangi provenances forming a separate group. The most distinct locality was Connors Plain, which was separated on adult foliage and bark thickness. This collection broke the relationship between fast growth and retention of juvenile foliage observed in trials encompassing the whole of the *E. nitens*/*E. denticulata* complex. The work provides the basis for a racial classification which should clarify the nomenclature and affinities of seed collections from this area.

Keywords: *Eucalyptus nitens*

Gregory Dutowski et al. Australia



THE PERFORMANCE OF *Eucalyptus maidenii* PROVENANCES IN ARGENTINA

Gustavo Lopez^{1,2}, Brad Potts², Javier Rodriguez Traverso¹ and Pedro Gelid³

SUMMARY

There is increasing interest in using *Eucalyptus maidenii* as an alternative to *E. globulus* for pulpwood plantations in the warmer, central-northern regions of Argentina. Preliminary plantations established in this area for saw log production were successful and stimulated further exploration of this species. Four trials were established by INTA between 1995 and 1997, two close to the *E. globulus* planting zone and the other two, 400 and 1000km further north. The trials included 108-150 families from 11 native provenances from New South Wales, Australia and one comprising open pollinated seed collected from phenotypic selections from a local plantation in Cortines, Argentina, of unknown origin. Diameter at age 4 and 5 years old was evaluated and family least square means calculated for each site. These means were used in a mixed model analysis examining the effects of site, provenance and their interaction as fixed effects and family within provenance as a random effect. There was no significant effect of provenance, but the provenance by site ($P<0.05$) and family within provenance ($P<0.001$) effects were significant. The large difference between sites ($P<0.001$) partly reflected better growth at the two northern sites. The best growth was observed at the site 400km north of the *E. globulus* planting zone. The local selections from Cortines were generally the best performing on all sites. The best performing native stand provenance was from Dobbys Road.

Keywords: *Eucalyptus, maidenii*, progeny trial, Argentina

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) IRB Los Reseros y Las Cabañas, 1712 Castelar, Argentina.

² Cooperative Research Centre for Sustainable Production Forestry and School of Plant Science, University of Tasmania, GPO Box 252-55, Hobart 7001, Tasmania, Australia.

³ Proyecto Forestal de Desarrollo, SAGPyA. (INTA) IRB Los Reseros y Las Cabañas, 1712 Castelar, Argentina. glopez@cni.inta.gov.ar



INTRODUCCIÓN DE ESPECIES Y ORÍGENES DEL GÉNERO *Eucalyptus* EN LA REGIÓN ESTE DE CÓRDOBA (ARROYITO)

Joseau, M.J.^{1*}, G. Verzino²; M. Dorado³ y M.P. Díaz⁴.

RESUMEN

Existe, entre los productores y las industrias forestales una permanente inquietud por probar nuevas especies que amplíen sus horizontes en un mercado cada vez más competitivo. El género *Eucalyptus* ofrece especies y orígenes alternativos que pueden adaptarse a distintas condiciones ambientales y diversos requerimientos de mercado. El objetivo del proyecto es identificar las especies y orígenes de *Eucalyptus* más adecuados para su cultivo en la región este de la provincia de Córdoba. Se eligió como lugar representativo para la instalación del ensayo a la localidad de Arroyito.

El Australian Tree Seed Centre, CSIRO Division of Forestry and Forest Products de Australia brindó el material empleado teniendo en cuenta las características de la zona de plantación. Las especies ensayadas fueron *Eucalyptus badjensis*, *E. benthamii* var *benthamii*, *E. dunnii*, *E. camaldulensis*, *E. globulus* spp *globulus*, *E. kartzoffiana*, *E. nitens*, *E. viminalis* y *E. viminalis* spp *nobili*. Sólo cuatro de las nueve especies estudiadas incluyeron más de un origen. Las variables estudiadas fueron emergencia y altura de las plántulas a los 91 días y a los 414 días de la siembra en vivero, sobrevivencia y altura de las plantas a los 31, 99 y 737 días de plantación y diámetro a los 737 días de plantación.

A los dos años de la plantación *E. camaldulensis* y *E. dunnii* tuvieron excelente sobrevivencia, contrariamente a *E. nitens*. Se destaca el comportamiento de *E. camaldulensis* en cuanto a la altura alcanzada, en especial el desempeño mostrado por el origen Lake Hindmarsh-Nw. Vic., seguida por *E. benthamii* y *E. viminalis*. Las especies *E. viminalis* spp *nobili*, *E. kartzoffiana* y *E. dunnii* mostraron altura intermedia con respecto a las restantes especies (*E. globulus*, *E. badjensis* y *E. nitens*).

Palabras claves: Introducción, *Eucalyptus* spp., crecimiento, adaptación, Córdoba.

1 Ing. Agr. Esp. en Técnicas de Reforestación. Silvicultura. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba (FCA-UNC). e-mail: jajoseau@agro.uncor.edu

2 Ing. Agr. M.Sc. Silvicultura. FCA-UNC. e-mail: gverzino@agro.uncor.edu

3 Ing. Agr. Esp. en Recursos Fitogenéticos. Silvicultura. FCA-UNC. e-mail: mdorado@agro.uncor.edu

4 Doctora en Estadística y Diseño de Experimentos. Estadística y Biometría FCA-UNC. e-mail: pdiaz@agro.uncor.edu



CHANGES OVER SUCCESSIVE ROTATIONS IN NPK FERTILISING OF CONGOLESE CLONAL EUCALYPTUS PLANTATIONS. RELATIONSHIPS WITH SOIL PROPERTIES CHANGES

Bouillet JP*, Laclau JP*, Safou-Matondo R**, Nzila JD**, Ranger J***.

SUMMARY

Since 1978, 42,000 ha of clonal eucalyptus plantations have been established on savannas in the Pointe-Noire region, for pulp production. The soils are sandy, acidic, with very low reserves of available nutrients. As the rotations are short (7 years) and the clones highly productive, it is essential to quantify the fertilisers to be applied in order to ensure a sustained and sustainable production. For 20 years, experiments have been therefore laid out to define the plantation requirements in N-P-K nutrients, throughout stand rotations (planted crop, 1st and 2nd coppice rotations, replanted site).

The experiments were as follows:

- Planted crop (fertilizing at planting): N-P-K 2³ factorial ; NPK amounts.
- Planted crop (mid rotation fertilizing): NPK amounts.
- First rotation coppice (mid-rotation fertilizing): NPK amounts.
- Second rotation coppice: NPK amounts x dates
- Replanted sites (fertilizing at planting): N-P-K 3³ factorial ; NPK amounts.
- Replanted sites (mid-rotation fertilizing): N-P-K 3³ factorial.
- Biogeochemical cycles study in a savanna and in a planted crop to quantify the fluxes of nutrients in both ecosystems and to establish nutrient budgets.
- Dynamics of litter and slash decomposition in a replanted site.
- Comparison of the properties of soils (layer 0-20 cm) between savannas and 18-year-old eucalyptus stands, harvested 2 times, by a paired site approach.

During the planted crop rotation, significant positive main N effect and interaction N*P*K were observed at planting and at 2 years. The optimal amount of fertiliser was 16 kg ha⁻¹ N, 7 kg ha⁻¹ P, 20 kg ha⁻¹ K at planting, and 20 kg ha⁻¹ N, 9 kg ha⁻¹ P, 25 kg ha⁻¹ K at 2 years. For the first coppice rotation, 40 kg ha⁻¹ N, 18 kg ha⁻¹ P, 50 kg ha⁻¹ K had to be applied at 1.5 years. During the second coppice rotation these amounts increased by 1/3. On the replanted sites, the amount of NPK fertiliser to apply at planting was twice more than on planted crop on savanna. However, P decreased tree growth, the effect of K was null and no interaction between nutrients was found. It was then better to use N fertiliser than fertiliser. In that case, more than 40 kg ha⁻¹ N must be applied at planting. At 2 years, a significant positive main effect of N is observed again.

The optimal NPK amount increases throughout successive rotations. This feature is mainly linked to the increase in N demand and is consistent with the deeply N unbalance of nutrient budgets (-300/-500 kg ha⁻¹ N after 3 rotations), mostly due to N removal by harvesting and N leaching during slash decomposition. These amounts correspond to 15%/25% of the total N reserve in the 0-50 cm top soil. The result of the paired site study confirms the decrease in soil N content over rotations: - 13% of total N from savanna to the 18-year-old stands. The forest sustainability will be then drastically linked to N inputs.

The depressive effect of P might be explained by an increase of micro-organism biomass, inducing an immobilisation of N. No effect of K has been recorded but as the reserves are low and the budget unbalanced, K input might become necessary during the next rotations.

Keywords: NPK fertiliser, soil nitrogen, soil properties, eucalyptus.

*Dr, CIRAD-Forêt/UR2PI, Congo, UR10@calva.com

**Dr, UR2PI, Congo, UR10@calva.com

***Dr, INRA, France, ranger@nancy.inra.fr

DINAMICA DE ELEMENTOS NUTRITIVOS EN LA BIOMASA DE *Eucalyptus nitens* AL CUARTO AÑO DE CRECIMIENTO, EN UN SUELO ROJO ARCILLOSO DEL SUR DE CHILE¹

Jorge Aparicio², Víctor Gerding³, Juan Schlatter⁴ y Renato Grez⁵

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la dinámica nutricional de *Eucalyptus nitens* en la fase de cierre de copas, se analizó al cuarto año de crecimiento la concentración y la cantidad de elementos nutritivos en los componentes de la biomasa aérea. La experiencia se llevó a cabo en un ensayo de fertilización instalado en 1996 en un suelo rojo arcilloso de la Provincia de Llanquihue, X Región de Chile. La cuantificación de la biomasa se realizó con material extraído en un rodal sin fertilizar y un rodal fertilizado en preplantación con P de baja solubilidad más P soluble al establecimiento, al año de edad y a los tres años de edad. En cada rodal se determinaron cinco estratos de crecimiento a partir del DAP medio ± 1 y 2 desvíos estándar. De cada estrato se talaron dos árboles, conformando una muestra de diez árboles por rodal. Los árboles fueron divididos en tercios: inferior, medio y superior. En cada tercio se determinó peso húmedo de los componentes de la biomasa (madera, corteza, ramas vivas, ramas muertas y hojas) y se extrajeron muestras para determinar en laboratorio peso seco y composición química (N, P, K Ca y Mg). El material para los análisis químicos de cada componente de biomasa, se obtuvo, para cada tercio, de una muestra mezcla de los dos árboles que formaron cada estrato.

La concentración de elementos nutritivos, en general, fue mayor en el rodal sin fertilizar. Se detectaron diferencias significativas entre rodales para la concentración de N en la madera y la concentración de K en la madera, las ramas muertas y la corteza. Con relación a la cantidad de elementos nutritivos en los componentes de la biomasa (g árbol⁻¹), se detectaron diferencias significativas entre rodales en la madera y la corteza, con cantidades de Ca y Mg mayores en el rodal fertilizado. En cuanto a la producción de biomasa por unidad de elemento absorbido, en general fue más eficiente el rodal fertilizado, con diferencias significativas para el uso de N en la producción de hojas y de N y K en la producción de madera y corteza.

Palabras claves: Dinámica nutricional, *Eucalyptus nitens*, biomasa.

¹ Proyecto Universidad Austral de Chile DID-S-200024 y Proyecto FONDECYT 1010174.

² Ingeniero Agrónomo, MSc mención Silvicultura, Universidad Austral de Chile, Chile. jlparici@smtp.uach.cl; intaexp@goyanet.com.ar

³ Dr. Ingeniero Forestal, Instituto de Silvicultura, Universidad Austral de Chile, Chile. vgerding@uach.cl

⁴ Dr. Ingeniero Forestal, Instituto de Silvicultura, Universidad Austral de Chile, Chile. jschlatt@uach.cl

⁵ Dr. Químico, Instituto de Silvicultura, Universidad Austral de Chile, Chile. rgrez@uach.cl

INTERACCIÓN SILVICULTURA Y GENÉTICA EN *Eucalyptus globulus*

Jorge A. Toro (1); Carlos A. González y Marco A. Justiniano (2).

RESUMEN

Un estudio realizado en una plantación de *E. globulus*, desde el establecimiento hasta los tres años de edad, muestra que plantas similares en características genéticas, reaccionan en forma distinta, cuando se les somete a diferentes tratamientos silvícolas. Se logró un incremento de 73,5% en materia seca del fuste con un tratamiento que combinó preparación de suelo, controles de malezas durante dos temporadas y una fertilización, en contraste con otro tratamiento, que recibió la misma preparación de suelo y dos controles de malezas, pero que no fue fertilizado.

Es fundamental para obtener una mayor productividad de las plantaciones, efectuar las actividades silvícolas más apropiadas para cada sitio. De esa manera, el potencial genético de *E. globulus* o de cualquier otra especie, será una realidad.

¹ J.Toro PhD. Fac. de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción.

² C. González y M.Justiniano, Ing. Forestales. Jefes de Programas Manejo de Plantaciones y Suelos Forestales, respectivamente. Bioforest S.A.



COMPORTAMIENTO DE ESPECIES Y PROCEDENCIAS DE *Eucalyptus* sp. EN LA PROVINCIA DE MENDOZA, REPUBLICA ARGENTINA

Juan Alberto BUSTAMANTE y Alberto Daniel CALDERÓN¹

RESUMEN

Debido al interés manifestado oportunamente por algunas empresas siderúrgicas radicadas en la provincia de Mendoza, República Argentina, de contar con adecuada provisión de madera en cuanto a calidad y cantidad con el fin de ser utilizada en sus plantas industriales; el Instituto Forestal de la Facultad de Ciencias Agrarias, llevó a cabo la introducción desde Australia de semilla de diferentes especies y procedencias de *Eucalyptus*. Las plantas obtenidas de la germinación de las mismas, fueron llevadas a campo, con el fin de evaluar su comportamiento en condiciones de cultivo bajo riego. Se ensayaron catorce especies y procedencias distintas utilizando un diseño estadístico de bloques al azar con 14 variables y 4 repeticiones cada uno. El ensayo fue establecido en la localidad de Nueva California, departamento de San Martín, provincia de Mendoza, a una altitud de 653 metros sobre el nivel del mar, sus suelos son arenosos, profundos, sueltos, permeables, con poca capacidad de retención de agua. El riego fue suministrado por aspersión con una lámina de 70 mm cada 10 días en verano y cada 20 días en invierno. Las especies y procedencias ensayadas fueron: *Eucalyptus camaldulensis* procedencias 15022, 15195, 15799 y local, *Eucalyptus tereticornis* procedencias 13309 y local, *Eucalyptus benthami* procedencia 17347, *Eucalyptus sargentii* procedencia 12406, *Eucalyptus viminalis* procedencia 12884, *Eucalyptus globulus* ssp. *bicostata*, *Eucalyptus sideroxylon* de procedencia local, *Eucalyptus dalrympleana* procedencia 13348, *Eucalyptus cinerea* procedencia 25 de mayo (Buenos Aires) y *Eucalyptus leucoxylon* de procedencia local.

Se evaluó el comportamiento al primer año expresado en el número de fallas producidas por cada 100 plantas, resultando las especies más promisorias *Eucalyptus camaldulensis* procedencia 15022, *Eucalyptus camaldulensis* procedencia 15195, *Eucalyptus tereticornis* procedencia 13309 y *Eucalyptus camaldulensis* de procedencia local, con menos del 30% de fallas. Además anualmente se tomaron los datos dasométricos de diámetro altura pecho (DAP) y altura total de cada una de las plantas. Al cuarto año las especies mas destacadas en estos aspectos fueron: *Eucalyptus camaldulensis* procedencia 15022, procedencia 15195 y procedencia local; todas ellas con diámetros entre los 9 y 12 cm y alturas entre los 7 y 9 metros.

Palabras clave: eucaliptos – comportamiento cultivo bajo riego - zonas áridas

¹ Ingenieros Agrónomos - Instituto Forestal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo, República Argentina - e-mail: dasonomia@fca.uncu.edu.ar

DESBROZADO DE TALLAR DE *Eucalyptus grandis* W. Hill EX MAIDEN PARA LA PRODUCCIÓN DE COLUMNAS

Juan Burgueño¹, Juan Cabris de León², Gustavo Daniluk³, Carolina Saravia⁴

RESUMEN

El estudio se centró en dos de los factores que inciden sobre el desarrollo del talar de *Eucalyptus grandis* cultivado para la producción de columnas, a saber i) número de rebrotes por cepa y ii) estadio de crecimiento de los retoños en el momento de aplicación de la corta parcial.

Se estableció un ensayo con diseño de bloques completos al azar, con cuatro tratamientos y seis repeticiones, a) dos rebrotes por cepa, corta con altura total del rebrote dominante (H_{TD}) de 8 m; b) un rebrote por cepa, corta a H_{TD} de 8 m; c) un rebrote por cepa, corta a H_{TD} de 12 m y d) un rebrote por cepa, corta a H_{TD} de 15 m.

Se midió circunferencia a la altura del pecho a todos los retoños y altura de rebrote dominantes para cada cepa a intervalos de 60 días, durante 3 años. Se analizó diámetro a la altura del pecho, área basal y sus respectivas tasas de crecimiento mediante análisis de varianza y comparación de medias a través de la prueba Ryan-Einot-Gabriel-Welsch., utilizando la amplitud del rango studentizado ($p=0,10$). Las variables evaluadas como indicadores de calidad fueron, rectitud y verticalidad, características del eje principal, vigor y dominancia, hábito de ramas e incidencia de daños.

La intervención temprana e intermedia a un rebrote por cepa (b y c) resultaron en mayores dap. El tratamiento que generó mayor área basimétrica y volumen fue el tratamiento (a).

Si se analiza el conjunto de variables evaluadas, los tratamientos más adecuados para la producción de columnas en las condiciones del ensayo son (b) y (c), cortas a un rebrote por cepa con alturas dominantes de rebrote de 8 a 12 m. No existen diferencias significativas entre ambos tratamientos, por lo que el momento óptimo de aplicación se podría definir según la estación del año y la disponibilidad de recursos logísticos, económicos y humanos.

Palabras clave: *Eucalyptus grandis*, desbrozado, tratamiento silvícola, talar

¹ M.Sc. Juan Burgueño. Departamento. de Estadística y Cómputo. Facultad de Agronomía. Universidad de la República. Uruguay. juanbu@yahoo.com

² Bach. Juan Cabris de León. Departamento. Forestal. Facultad de Agronomía. Universidad de la República. Uruguay. jcabris_99@yahoo.com

³ Dr. Ing. Gustavo Daniluk. Departamento. Forestal. Facultad de Agronomía. Universidad de la República. Uruguay. daniluk@adinet.com.uy

⁴ Ing. Agr. Carolina Saravia. Departamento. Forestal. Facultad de Agronomía. Universidad de la República. Uruguay. dankako@adinet.com.uy

RESULTADOS EN UN ENSAYO DE ESPACIAMIENTO, PODA Y RALEO CON *Eucalyptus globulus* EN CONSTITUCIÓN (VII REGIÓN)

Juan Carlos Pinilla Suárez¹, Iván Ulloa²

RESUMEN

En el estudio se presentan los resultados de un ensayo de 12 años de Espaciamiento, Poda y Raleo con *E. globulus*, realizado en el secano costero de la VII Región, utilizando distintas densidades iniciales y finales. Los menores crecimientos en altura media se observan en los tratamientos de mayor espaciamiento, no siendo significativamente diferentes a los que se presentan en el resto de los tratamientos, lo que confirmaría que la densidad inicial no influiría sobre la altura que alcanzan los árboles dominantes. Se presentan los resultados en DAP, AB, Volumen y Altura de los diferentes tratamientos, entregando antecedentes acerca de la definición de densidades óptimas para la utilización del sitio.

Los resultados registrados hasta esta etapa del ensayo confirman que a una menor densidad inicial los árboles desarrollan un mayor DAP. La mayor área basal se obtuvo en las parcelas con una densidad intermedia de 1.667 arb/ha, lo que puede ser un indicador para una adecuada ocupación del sitio por parte del *E. globulus*, en las condiciones donde se ubica el ensayo. El menor valor se obtuvo en las parcelas con un mayor espaciamiento. La disminución del número de árboles en algunas parcelas es un factor que debe incorporarse en cualquier análisis futuro del ensayo.

El tratamiento con la mayor densidad a pesar de presentar un alto valor en área basal no es el óptimo desde el punto de vista del manejo forestal, ya que se presenta en una situación de alto número de árboles con DAP menores en relación a otras densidades.

Hasta esta etapa del ensayo se puede concluir que los tratamientos con un espaciamiento de 1.250 arb/ha sin raleos intermedios son los más aconsejables para producir madera pulpable en rotaciones cortas, ya que en ellos se produce la máxima ocupación del sitio con un adecuado número de árboles.

Palabras Claves: *Eucalyptus*, *globulus*, manejo, densidad, raleo

¹ Ingeniero Forestal. Subgerencia Tecnologías Silvícolas, INFOR Concepción

² Ingeniero Forestal. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales

NUTRIENT CYCLING IN EUCALYPTUS PLANTATIONS IN CONGO. CONSEQUENCES FOR THE MANAGEMENT OF THE STANDS

Laclau* J.P, Ranger** J, Nzila*** J.D, Bouillet* J.P, Deleporte* P.

SUMMARY

The sustainability of plantations managed in short rotation forestry on tropical soils with low reserves of available nutrients requires the optimisation fertilisations. Understanding the mineral functioning of the ecosystem is necessary to adapt the inputs to (i) the requirements of the stands and (ii) the changes in soil properties over successive rotations. In southern Congo, the impact of eucalypt plantation on soils was studied using a biogeochemical cycle approach. The global mineral functioning of two ecosystems located side by side was studied during 3 years: a native savanna and a short rotation eucalypt stand planted on the savanna, 6 years before.

The study consisted in an accurate quantification of (i) the amounts of nutrients in the compartments of each ecosystem at the onset of the study and (ii) the main fluxes of nutrients among the compartments of the ecosystem, to establish input-output nutrient budgets. The experimental design allowed the collection in each ecosystem of : atmospheric inputs, throughfall, stemflow, litter fall, leachates beneath the forest floor, gravitational solutions and "capillary solutions" down to a depth of 6 m. Samples were collected every week and chemical analyses were performed monthly. An hydrological model was established to predict the drainage flux at various depths in the soil. A validation of this model was performed from daily TDR measurements of soil moisture, down to a depth of 5 m during 2 years. The dynamics during the whole rotation of (i) nutrient accumulation in the stands (ii) nutrient translocation in the trees and (iii) litter fall was studied using a chronosequence approach for the same clone.

Whereas the capital of available P was relatively high in this soil, the reserves of total N and exchangeable K, Ca and Mg were extremely low, despite the large depth of soil explored by roots (6 m in the eucalypt stand). Both ecosystems were particularly efficient to prevent losses of nutrients by deep drainage and showed a very active nutrient cycling. In the eucalypt stand, the amounts of nutrients returning to the soil annually with litter fall represented 25%, 13%, 11%, 83%, 100% of the immobilization in stemwood at the harvest of N, P, K, Ca and Mg respectively.

Input-output budgets were rather well balanced in savanna except for N but a symbiotic fixation by a legume might explain the stability of the nitrogen cycle. In the eucalypt ecosystem, only the N budget was highly negative, due to the lack of nitrogen input by symbiotic fixation. Owing to the low capital of nutrients in the soil, balanced input-output nutrient budgets are essential for the sustainability of the production of wood in this area. Atmospheric inputs play an important role in the mineral functioning of these ecosystems. Wet depositions represented 4.1, 0.2, 3.0, 3.7 and 1.4 kg ha⁻¹ yr⁻¹ of N, P, K, Ca and Mg respectively. This study showed that 1) afforestation does not modify the chemical composition of surface waters and 2) a conservative management of the organic matter is crucial in this soil. The amounts of fertiliser necessary to balance the nutrient budgets were quantified. These results showed that N inputs will have to increase over successive rotations, and were consistent with other studies carried out in Congo.

Key words : Nutrient cycling, Eucalyptus, budgets, fertility.

* Dr, Cirad-Forêt/UR2PI, Congo, cir11@calva.com

** Dr, INRA, France, ranger@nancy.inra.fr

*** Dr, UR2PI, Congo, ur10@calva.com

RESULTADOS A 8 AÑOS DE UN ENSAYO DE ESPACIAMIENTO CON CLONES DEL HÍBRIDO UROGRANDIS EN SMURFIT CARTÓN DE VENEZUELA

Rosales, León y Rojas, Julio

RESUMEN

Con el fin de determinar el impacto que la densidad arborea al momento del establecimiento tiene sobre el crecimiento del eucalipto, un ensayo fue establecido en una de las fincas de la empresa Smurfit Cartón de Venezuela ubicada en los llanos occidentales de Venezuela. En este ensayo se evaluaron cinco densidades arbóreas distintas (800, 1000, 1200, 1400 y 1600 arb/ha) en bloques completos al azar con cuatro replicaciones y parcelas de 9 x 9 árboles. Un solo clon del híbrido urograndis fue utilizado con el fin de aislar el componente genético del silvicultural en este ensayo. Diámetro (DAP) y altura fueron medidos durante ocho años. Al momento de la cosecha cinco árboles tipos de cada parcela fueron tumbados y seccionados en trozas de 2.40 m. A cada troza se le midió los diámetros a los extremos sobre y bajo corteza así como el peso. Muestras de madera a la altura de 1.30m fueron tomadas para la determinación de la densidad básica de la madera y contenidos de humedad. El peso de las rollos fueron monitoreadas por 30 días para determinar la pérdida de humedad de las mismas. El incremento medio anual bajo corteza a la edad de cosecha fue de 35.5 m³/ha/año. Resultados de crecimiento y producción en volumen muestran una diferencia estadísticas significativa entre densidades arbóreas hasta los cuatro años, desapareciendo dicha diferencia después de ésta edad. Diferencias estadísticas en diámetro a la altura de pecho fueron detectadas después del segundo año de crecimiento. Los tratamientos con menores densidades arbóreas presentaron mayores diámetros promedios. La altura, sin embargo, no fue sino hasta a partir del cuarto año cuando se evidenció diferencias estadísticas entre las densidades arbóreas. Los tratamientos de menor densidad presentaron mayor altura, esto quizás debido a una mayor competencia en el sitio por agua y nutrientes. El volumen promedio por árbol fue a partir del tercer año substancialmente mayor para la menor densidad arborea, llegando a acumular hasta un 83% más volumen en promedio los árboles creciendo bajo una densidad 800 arb/ha cuando se le compara con la de mayor densidad arborea. La densidad de la madera no fue afectada por los tratamientos silviculturales y fue sorprendentemente estable a través de los diferentes tratamientos con un promedio de 0.55 g.cm³ y un coeficiente de variación de 7.2%. Como era de esperarse, se encontró una correlación positiva muy fuerte entre diámetro promedio de las trozas y el DAP de los árboles. Esto tiene una alta implicación sobre los costos de cosecha. Se calcula que los costos de tumba seccionado y descortezado pueden llegar a ser hasta un 100% más altos cuando se cosechan árboles con DAP menores a 15cm que se obtienen cuando se plantan 1600 arb/ha, comparados a árboles de DAP 20cm en plantaciones con 800 arb/ha. Con la finalidad disminuir costos y aumentar rendimientos de cosecha, se recomienda realizar plantaciones clonales con densidades arbóreas no mayores a 900 arb/ha.

Palabras claves: densidad arborea, urograndis, silvicultura.



EFFECT OF ARTIFICIAL PRUNING ON *Eucalyptus grandis* GROWTH IN SOUTHEASTERN BRAZIL¹

Maria das Graças F. Reis², Bernardo M. Pires³, Geraldo G. Reis², Roosevelt P. Almado⁴

SUMMARY

Artificial pruning has recently been used in Brazil to improve wood quality of eucalypt for sawmill. Aiming to analyse the effect of artificial pruning on growth and water relations of *Eucalyptus grandis*, plants were submitted to different intensities of live crown pruning (0%, 12.5%, 25%, 50% and 75%) at the age of eleven months, in southeastern Brazil. Total height and diameter at breast height (DBH) were measured at the age of 11, 20, 33, 55, 81 and 92 months. Water potential, stomatal conductance, transpiration, leaf temperature, photosynthetic active radiation and leaf area were measured in four crown strata at the time of pruning.

The growth in DBH, height and volume were larger for the control, being inversely associated with tree pruning intensities. It was observed 26,76% reduction for DBH, 28,09% for height and 45,16% for volume, at the age of 92 months, when plants having 75% of the live crown pruned were compared to control. At this age, volume was reduced by 11,19%; 14,49% and 17,71% with the removal of 12.5%, 25%, and 50% of the live crown, respectively. Leaf area at the base of the live crown (50% of total live crown height) corresponded, approximately, to 80% of the total leaf area, indicating that removal of 50% of the live crown of eucalypts can be harmful to growth. Stomatal conductance was higher at the top of the crown as compared to the base. However, because of very high leaf area at the base of the tree, transpiration corresponded to about 80% of the total in the two lower strata (50% of the live crown). These results can be helpful to decide about the eucalypt intensity of artificial pruning.

Key words: artificial pruning, growth, eucalypt

¹ Funded by FAPEMIG, CNPq, CAF Santa Bárbara Ltda.

² Professor - Dept^o Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, 36571-000 – Viçosa/MG, Brasil-mgfreis@mail.ufv.br

³ Forest Engineer, M.S. - Dept^o Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa – 36571-000 Viçosa, MG, Brasil

⁴ Forest Engineer, M.S. – Manager - CAF Santa Bárbara Ltda. – Martinho Campos, MG, Brasil.

APLICACIÓN DE PROCESOS DE PUNTOS PARA EL ANÁLISIS DE ENSAYOS DE ESPACIAMIENTO EN EUCALIPTUS

Marjorie Martin (1), Carlos Bahamóndez (1)

RESUMEN

El propósito de los ensayos de espaciamiento es determinar los efectos de rangos extremos de densidad sobre ciertas variables de interés, generalmente, el tamaño de los árboles. En este contexto se propone una metodología de análisis alternativo por medio de los procesos de puntos marcados, provenientes de la Estadística espacial.

La distribución espacial de los árboles y su interacción con sus correspondientes tamaños ha sido estudiada en el marco de los modelos de crecimiento individual. El proceso de crecimiento se asume que es afectado por la interacción entre árboles vecinos (competencia) y por las características del micrositio, además de factores como la genética y las prácticas de manejo. En este esquema es importante reconocer que la variación en los tamaños supuestamente debidas al espaciamiento, podrían deberse en realidad al efecto del micrositio. El propósito de este documento es el de evaluar las técnicas de estadística espacial para detectar y reconocer los efectos del micrositio en los ensayos de espaciamiento instalados para la especie Eucalipto.

Este trabajo presenta la aplicación de los procesos de puntos marcados en ensayos de espaciamiento de plantaciones de Eucalipto.

Palabras clave: Procesos de Punto marcados, espaciamiento, eucaliptos.

(1) Instituto Forestal, Valdivia, Chile. Mmartin@infor.cl cbahamon@infor.cl



CHANGES IN NITROGEN MINERALIZATION OVER SUCCESSIVE ROTATIONS IN CLONAL *Eucalyptus* PLANTATIONS IN CONGO

Nzila JD*, Laclau JP**, Bouillet JP**, Ranger J***

SUMMARY

About 42 000 ha of clonal *Eucalyptus* plantations have been established since 1978 on coastal savannas of Congo. A short rotation silviculture is carried out in these plantations with high inputs (fertilization, weeding) and harvests every 7 years. Although soils are Ferralic Arenosols with very low reserves of total N and exchangeable cations, the MAI is around 15 m³ ha⁻¹ yr⁻¹ under-bark. Field trials point out that nitrogen is the main factor limiting the growth of eucalypt plantations and that inputs of N by fertilization have to increase over successive rotations. This result is consistent with input-output budgets established in a clonal stand of eucalypt and a native savanna.

After 20 years of eucalypt cultivation, inputs of N by fertilization represent a major cost for the silviculture of the plantations. A comprehensive study was therefore carried out to quantify the changes in N mineralization in the soil over successive rotations. The aim of this study was to improve our knowledge of the pattern of release of mineral N in the soil in order to adjust fertilising to the availability of mineral N in the soil. The in-situ mineralization of N was studied in 3 sites located in a 500 m radius, in a plateau : a native savanna, a planted crop of eucalypt at the end of the rotation (age 7-8 years), and a replantation of the same clone of eucalypt after 1 rotation. An experimental design was set up in the replanted site to quantify the impact of the slash management on the soil properties and the growth of the stand. The treatments were: R, all above-ground organic residues removed from the plot; SH, stemwood only removed and DS, double slash treatment. A classical methodology of incubation in soil cores gave an index of N mineralization, useful to compare situations. Soil cores were contained *in situ* in 12 PVC tubes with anionic or cationic resins at the bottom. Soil was incubated (*ca* 14 days), sequentially sampled and mineral N measured. The experiment lasted one year in the savanna and the planted crop, and 2 years in the replanted site.

The annual production of mineral N in the top soil (0-13 cm layer) of the savanna and the planted crop was 15 and 26 kg ha⁻¹ yr⁻¹ respectively. The rate of net nitrification was much lower in the savanna than in the eucalypt stands (5% vs > 60%). This low rate of nitrification in the savanna might be a result of an inhibition by the species *Loudetia arundinacea* of the micro-organisms responsible for nitrification. Planting eucalypts might be likely to remove this inhibition. In the replanted site, between Ages 7 and 30 months, the production of soil inorganic nitrogen was 49 kg ha⁻¹ yr⁻¹, 47 kg ha⁻¹ yr⁻¹, and 55 kg ha⁻¹ yr⁻¹ for R, SH, and DS respectively. The low impact of slash management on N mineralization during the first years after logging might be a result of the relatively high fertility of the site. The accumulation of N in the biomass of trees at Age 1 year ranged from 50 (R) to 62 (DS) kg ha⁻¹ yr⁻¹. The high rates of nitrification in *Eucalyptus* plantations indicate strong risks of nitrogen leaching in the early development stage when trees are not able to take up all the nitrogen produced.

Keywords: *Eucalyptus*, soil nitrogen, mineralization, *in-situ* studies, Congo.

* Dr, UR2PI, BP 1291, Pointe-Noire, Congo, UR10@calva.com

** Dr, UR2PI/CIRAD-Forêt, Congo, UR10@calva.com

*** Dr, INRA, France, ranger@nancy.inra.fr

ANTECEDENTES PRELIMINARES PARA EL USO DEL *Eucalyptus camaldulensis* EN LA ZONA SEMIÁRIDA DE CHILE

Juan Carlos Pinilla Suárez¹, Sandra Perret Durán², María Paz Molina B.¹

RESUMEN

Se presentan los resultados de la investigación con *E. camaldulensis* realizada por el Instituto Forestal. Se recaban antecedentes y resultados en crecimiento, acerca de la determinación de las mejores procedencias, los avances en la estrategia de mejoramiento genético y se entregan antecedentes acerca de la utilización y aptitudes de la especie para su uso en la zona central del país.

E. camaldulensis ha mostrado ser una alternativa interesante en zonas áridas y semiáridas de Chile para la forestación en reemplazo o complemento de *E. globulus*, que es más sensible a los períodos de sequía y las bajas precipitaciones. Frente a estas limitaciones *E. camaldulensis* muestra una adaptación interesante cuando se utiliza la procedencia adecuada y se aplican técnicas intensivas de establecimiento, mejorando los rendimientos. INFOR ha estado utilizando esta especie en la zona semiárida de Chile, con el objetivo de optimizar su rendimiento para su uso en distintos productos demandados en ella.

En el estudio de caso, se recalca la importancia de proporcionar alternativas a los miembros de la comunidad, alternativas para hacer más eficientes sus procedimientos, además de considerar dentro del proceso a todos los miembros que participen de organizaciones formales. Igualmente, se destaca que deben existir canales de comunicación abiertos con las comunidades locales para que sean partícipes de las innovaciones propuestas de manera de lograr implementar unidades demostrativas de ajuste con esta especie.

Se presentan las diversas etapas de ejecución de un estudio reciente, el cual incluye la organización, formación y capacitación, de profesionales, técnicos y campesino, que aseguren la adopción, continuidad y viabilidad de este y otros *Eucalyptus* que son de gran interés para las zonas áridas

Palabras Claves: *Eucalyptus*, *camaldulensis*, zona, semiárida, procedencia

¹ Ingeniero Forestal, Instituto Forestal, Concepción

² Ingeniero Forestal, Unidad de Planificación y Control de Gestión, Instituto Forestal, Santiago.



INVESTIGACIÓN MODELO DE CRECIMIENTO PARA EUCALIPTO EN CHILE. AVANCES A LA FECHA

Juan Carlos Pinilla S.¹, Mauro Ferrando T.², María Paz Molina B.¹

RESUMEN

Se presenta el trabajo desarrollado por el Instituto Forestal en la actualización y escalamiento de las funciones que componen un modelo de crecimiento para Eucalipto: crecimiento en altura, mortalidad natural, rendimiento en área basal, y predicción de volumen; utilizando la información generada a través de los proyectos desarrollados por INFOR y empresas. Los resultados de los ajustes se presentan en una planilla de rendimiento y crecimiento, *EUCA3.1*, según especie. Se presentan además, modelos de ahusamiento independiente para *Eucalyptus globulus* y *E. nitens*, los cuales son confiables en sus estimaciones, destacándose el efecto de las edades jóvenes en la forma de los árboles de *E. nitens*, dado que a edades más juveniles, aumentan los errores de estimación, situación que no ocurre en el caso de *E. globulus*. También se presentan las funciones de volumen de árbol individual para las especies *Eucalyptus nitens* y *Eucalyptus globulus*, y una función común para ambas especies, las cuales resultan sin diferencias significativas con anteriores modelos obtenidos por INFOR. Finalmente, se presenta un modelo parametrizado de altura para eucalipto. Se hace hincapié en la necesidad de mantener vigentes las actividades que aporten para mantener actualizadas las bases de datos para realizar nuevos escalamientos.

¹ Ingenieros Forestales., INFOR Concepción

² Ingeniero Forestal, Consultor en Biometría



SITE -SPECIES INTERACTIONS STUDIES WITH COLD-TOLERANT EUCALYPT SPECIES AT HIGH ALTITUDES IN SOUTH AFRICA - NINE YEAR RESULTS

Robin Gardner (1)

SUMMARY

Significant afforestation expansions by the major timber companies into the cold highland areas of western KwaZulu-Natal and the North Eastern Cape began in 1984. This led to the ICFR establishing a series of site-species interaction trials in these regions during 1990 and 1991, the express aim being to investigate potential alternative species to *Eucalyptus macarthurii* and *E. nitens* for high altitude, low-productivity sites in the summer rainfall area of South Africa.

Twenty-one species were planted at six carefully selected, high altitude sites each having a different set of environmental conditions. Final measurements, assessments and wood-sampling for pulping properties were carried out at nine years during 1999 and 2000. These results together with relevant recommendations are discussed in this paper.

The results confirm early indications that the new species *E. benthamii* and *E. badjensis* have good commercial potential for very cold sites, especially where available soil moisture is not limiting. On the basis of tree growth and frost-hardiness, only *E. badjensis*, *E. benthamii* and *E. nobilis* seem comparable with *E. nitens*. On the basis of frost-hardiness as well as snow-hardiness, only *E. nobilis* seems comparable with *E. nitens*. Under extremely cold, slow growth conditions, *E. macarthurii* appears to have good drought tolerance. Other species which showed potential, especially on low-fertility, elevated sites in cold areas included *E. oreades* and *E. fraxinoides*.

Keywords: *Eucalyptus*, cold-tolerant, South Africa

(1) Assistant Researcher, Tree Improvement Programme: Eucalypts
Institute for Commercial Forestry Research
P.O. Box 100281
Scottsville 3209
South Africa
telephone +27 (033) 3862314
fax +27 (033) 3868905
e-mail: rawg@icfr.unp.ac.za



EFFECTOS GENÉTICOS Y AMBIENTALES EN EL CRECIMIENTO Y CONCENTRACIÓN FOLIAR DE NUTRIENTES EN EL HÍBRIDO UROGRANDIS DEL EUCALIPTO

Rojas, J. C.¹; Allen, H. Lee²; Li, Bailian³ y Wright, Jeffery⁴.

RESUMEN

El efecto que el sitio, genotipo y su interacción ejercen sobre el crecimiento y concentración foliar de nutrientes fueron estudiados en cuatro ensayos con 10 clones del híbrido urograndis del eucalipto en el occidente de Venezuela. Los análisis de varianza indicaron diferencias significativas entre sitios para la mayoría de las variables estudiadas. La mayor parte de la variación encontrada fue debida al sitio, tanto para el volumen como para la concentración foliar. Se encontró también que el efecto clonal fue estadísticamente significativo para volumen, área foliar específica. Los clones interactuaron con el ambiente para el volumen así como para B foliar. La interacción encontrada para estas variables fueron bien descritas cuando se realizó regresiones del promedio del clon en cada sitio con el promedio general del sitio. La mayor parte de la interacción clon x sitio para volumen fue debida a la heterogeneidad entre las líneas de regresión (pendientes diferentes). El nivel de P en el suelo fue, en general, buen predictor de la respuesta en crecimiento de los clones. El área foliar producido por clones por unidad de nutriente en las hojas varió entre clones. Estas relaciones dan indicios de que los clones pueden estar utilizando los recursos disponibles en forma distinta. Los clones estables en crecimiento tendieron a ser estables también en sus características foliares. Debido a posibles diferencias en la utilización de nutrientes entre diferentes genotipos y variaciones estacionales de los nutrientes, es importante muestrear en diferentes ambientes y genotipos para obtener un mejor entendimiento del status nutricional de una plantación clonal.

Keywords: Interacción genotipo ambiente, urograndis, nutrición.

¹ Smurfit Carton de Venezuela Apartado 216 Acarigua Portuguesa Venezuela.

² Forest Nutrition cooperative, Department of Forestry, North Carolina State University, PO Box 8003 Raleigh, NC 27695.

³ Tree Improvement Cooperative, Department of Forestry, North Carolina State University, PO Box 8003 Raleigh, NC 27695.

⁴ Wright Forest Management Consultants Incorporated, 205 Brendan Choice, Cary, NC 27511



HYBRID AND CLONAL VARIABILITY OF NUTRIENT ACCUMULATION AND NUTRIENT USE EFFICIENCY IN EUCALYPT STANDS IN CONGO

Safou-Matondo R*, Deleporte P**, Laclau JP**, Bouillet JP**

SUMMARY

For 20 years, 42,000 ha of clonal eucalyptus plantations have been set up around Pointe-Noire on sandy soils, with very low reserves of available nutrients. These plantations were based on a natural hybrid (E. PF1). This hybrid is being replaced by E. urophylla * E. grandis (UG), a more productive hybrid developed by the Congolese breeding program. Biogeochemical cycle study showed that nutrient removal by harvesting is the main nutrient output in the E. PF1 ecosystem. It is therefore important to quantify the nutrient accumulation (NA) in both hybrids to compare corresponding nutrient removal values. The quantification of the variability of NA and of Nutrient Use Efficiency (NUE = stemwood biomass/above ground nutrient content) among UG is also useful. This information is needed to select high productive genotypes with low nutrient requirements, the most adapted to ensure a sustainable production. The work dealt with 4 UG clones and the most planted clone of E. PF1. In a clonal test, 12 trees per clone were sampled at the logging age (8 years). Tables were established to predict, from DBH, biomass and nutrient content of the different tree components (stemwood, bark, dead and living branches, leaves). They were applied to the inventory of the different stands to evaluate corresponding biomass, NA and NUE.

Total biomass differed between the 2 hybrids and among UG clones: 115 t ha⁻¹ for E. PF1 and 107-156 t ha⁻¹ for UG clones. In E. PF1 trees, total NA was globally lower for N, K, Mg but greater for P and Ca. In stemwood, nitrogen accumulation was similar for both hybrids. By contrast, in UG clones, NA was much lower for P (-70%) and Ca (-40% to -65%). The same trends were observed for NUE: equivalent for both hybrids for N, but higher in UG clones for P (+70%) and Ca (+40% to +60%). A marked variability was observed for K and Mg.

UG clones allocated proportionally more nutrients in leaves than E. PF1. For instance, P accumulation in leaves represented 19% of total P accumulation in UG clones but only 6% in E. PF1. As leaves play a crucial role in biological cycle through translocation and litter fall, UG is likely to be more adapted than E. PF1 to the low fertility soils of the region.

A high variability in total NA was observed among UG clones. Total NA was significantly correlated with tree growth, only for N and Mg. Same results were observed for NA in stemwood. The clones presented equivalent NUE for nitrogen. By contrast, NUE differed among clones for the other nutrients. These results show that breeders should pay attention, when selecting clones, not only on growth traits but also on NUE and the concentration of nutrient in tree components removed by harvesting. It will be then possible to limit the cost of fertilising, needed to maintain stand growth and soil fertility.

Keywords: nutrient accumulation, nutrient use efficiency, hybrid variability, clonal variability, eucalyptus.

* Dr, UR2PI, Congo, UR10@calva.com

** Dr, CIRAD-Forêt/UR2PI, Congo, UR10@calva.com

EUCALIPTO EN SISTEMA TAUNGYA CON MAÍZ Y FRIJOL UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE PARA MICRO PRODUCTORES EN EL OCCIDENTE DE NICARAGUA

Serafín Filomeno Alves-Milho (1)

RESUMEN

Dentro de los diversos sistemas agroforestales SAF, sin duda alguna, un lugar de importancia ocupa el sistema Taungya¹. El Taungya con Eucalipto fue introducido en Brasil desde 1920 y desde entonces se investiga sus rendimientos con maíz y frijoles en pequeños productores. En Centroamérica el sistema Taungya con Eucalipto maíz y frijoles fue introducido recién durante los 80 con el proyecto MADELENA (CATIE) en escala de investigación pero es solo a partir de 1990 que se incluye a la escala de desarrollo en varios proyectos de cooperación. Hoy en día varios son los proyectos en Centroamérica, Nicaragua, El Salvador, Guatemala, que lo promueven. En Nicaragua el proyecto Los Maribios (FAO/GCP/NIC/023/NET) logró fomentar durante 10 años (89-99) el sistema Taungya sobre un total de 3600 ha en los municipios de León, Telica, Posoltega, Quezalguaque, Malpaisillo y La Pazcentro, beneficiando a un total de 3800 productores. Este sistema tuvo aceptación principalmente entre los productores más pequeños y con poca tierra, quienes por lo general asociaron *Eucalyptus camaldulensis* con Maíz en la siembra de primera y con Frijol en la siembra de postrera. Los productores seleccionaron la especie por experiencia, de trabajar el Eucalipto en cortinas rompevientos y de haber observado su crecimiento rápido, tolerar las condiciones climáticas adversas (sequías, inundaciones y fuego); además de su valor económico local (leña y madera para construcción rural). De acuerdo con los propios productores la especie tiene una virtud, crece rápido, proporciona varas y una vez cortado el rebrote viene rápido y fuerte. Durante noviembre y diciembre de 1999, como parte de una consultoría solicitada por FAO para valorar las experiencias forestales del proyecto, se levantaron 51 parcelas de 500 m² en un conjunto seleccionado de entre los propietarios. Se entrevistaron 51 de ellos y se midieron unos 5000 árboles.

Los resultados obtenidos indican que se han alcanzado rendimientos bastante alentadores en tierras relativamente marginales y suelos degradados en su mayoría. Los mayores rendimientos obtenidos en volumen fueron, 160 m³/ha en Guanacastal (Posoltega) y 146 m³/ha para los Torres (León), ambos de 7 años; mientras que los más bajos rendimientos fueron para Paraguas (Malpaisillo) con menos de 30 m³/ha para plantaciones de 5 años. Se han alcanzado crecimientos en diámetro DAP IMA de 2.9 cm/año en Posoltega, crecimientos en Altura total IMA de 3 m/año en León y Posoltega. Finalmente, se han alcanzado IMA en volumen de 26 m³/ha/año en Posoltega. Los productores perciben los beneficios económicos (empleo, ingresos monetarios) tanto de los cultivos agrícolas como de la reforestación con Eucalipto, con tasas de rentabilidad entre 10% y 20%. Se concluye que la especie *Eucalyptus camaldulensis* Dehn esta siendo adoptada de manera masiva por los micro-productores de la zona debido a que es fácil de trabajar y dócil para cultivarla en diferentes arreglos. Los rendimientos obtenidos aseguran desde ya una rentabilidad comparable con otras actividades comerciales de la región y otros usos locales de la tierra, además que puede facilitar un flujo continuo de productos agrícolas y forestales y por lo tanto de ingresos. Con mercadeo oportuno de los actuales productos de mayor valor que la leña (alfajillas, soleras y pilares) se puede lograr una rentabilidad mayor (US\$ 2 por cada US\$ 1 invertido), en un ciclo de 20 años. Estos resultados potencian las plantaciones de eucalipto como fuente de productos forestales no solo convencionales sino de mayor valor como astillas para pulpa, postes eléctricos y muebles.

Palabra clave: Agroforestería, *Eucalyptus camaldulensis*, Sistema Taungya, Sostenibilidad, Pequeños productores

(1) Asesor PROLEÑA, e-mail prolena@sddnic.org.ni

¹ De acuerdo con Lamprecht (1990) el sistema Taungya fue implementado en Birmania hacia 1855 donde se estimuló a sembrar la Teca con campesinos que practicaban la agricultura de roza y quema para arroz y algodón. Después de terminadas las actividades agrícolas el bosque joven de Teca debía pasar a manos del Servicio Forestal.

NEW COLD TOLERANT EUCALYPT SPECIES IN SOUTH AFRICA - AN UPDATE ON *E. badjensis* AND *E. benthamii*

Tammy Swain¹ & Robin Gardner²

SUMMARY

The timber growing areas for pulp and paper production in South Africa expanded from the sub-tropical areas of coastal Zululand to the more high altitude, temperate sites during the 1980s. Species which were traditionally grown in these colder areas for mining timber were *E. nitens*, *E. fastigata* and *E. fraxinoides*. Species such as *E. macarthurii*, *E. dunnii* and *E. smithii* were introduced into these areas for pulp and paper production, together with *E. nitens*, with varying success on different sites. However, there has been a need to investigate the growth of alternative species which have greater frost hardness than *E. dunnii* and *E. smithii*, or which can withstand snow damage and have more favourable pulping properties than *E. macarthurii* for example. ICFR site-species trials indicated that two species which show such potential are *E. badjensis* and *E. benthamii*.

A range of provenance/progeny trials were established in the early 1990s for these two species. This paper presents 64 month diameter results and assessments of both species, as well as early pulping results of some *E. badjensis* selections.

Indications are that the *E. badjensis* seedlots from the Badja provenance perform better than the seedlots from Brown Mountain for growth in the summer rainfall regions of South Africa. The pulping properties for *E. badjensis* are surprisingly stable across the selections, and early results indicate that this species will pulp as well as *E. grandis*.

Differences also exist between the different *E. benthamii* provenances for growth under South African conditions. *E. badjensis* appears to be more frost tolerant than both *E. smithii* and *E. dunnii*, and more snow tolerant than *E. macarthurii*. *E. benthamii* appears to be as cold and frost tolerant as *E. macarthurii*, both of which indicate that these species have may have a role to play in commercial forestry on the temperate sites in South Africa in years to come.

Keywords: *E. badjensis*, *E. benthamii*, provenance/progeny trials

¹ Institute for Commercial Forestry Research, Box 204, Sabie, 1260, South Africa

² Institute for Commercial Forestry Research, Box 100681, Scottsville, 3209, South Africa

RENDIMIENTO DE *Eucalyptus nitens* CON DISTINTOS MANEJOS NUTRITIVOS EN UN SUELO ROJO ARCILLOSO DEL SUR DE CHILE

Víctor Gerding¹, Juan Schlatter² y Jorge Luis Aparicio³

RESUMEN

Para estudiar el comportamiento de *Eucalyptus nitens* frente a distintos manejos nutritivos en un suelo arcilloso ácido, pobre en fósforo y con altos niveles de aluminio intercambiable, se instaló un ensayo en plantaciones de esta especie en el año 1996 en la comuna de Fresia, X Región de Chile. El estudio se centra principalmente en el suministro de fósforo para la plantación⁴.

Se aplicaron al suelo, antes de plantar, tres distintos tipos de roca fosfórica para abastecer a la plantación en el largo plazo; por otra parte, también se aplicó cal para estudiar la neutralización de la acidez del suelo. Posteriormente se aplicaron fertilizantes solubles al establecimiento (1996, posplantación), al segundo año (1997) y al cuarto año (1999) para suplir la demanda de la plantación no abastecida por el suelo. Se evalúa el rendimiento de la plantación, principalmente en la etapa de máximo crecimiento corriente anual, en 12 tratamientos de fertilización. En los tratamientos extremos (testigo y mayor fertilización) se midió la biomasa, considerando cinco clases de tamaño a partir del DAP medio ± 1 y 2 desvíos estándar. De cada clase se talaron dos árboles, conformando una muestra de diez árboles por rodal. Los árboles fueron divididos en tercios (inferior, medio y superior) para todos los análisis. Se determinó en terreno el peso húmedo de los componentes de la biomasa (madera, corteza, ramas vivas, ramas muertas y hojas) y se extrajeron muestras para determinar en laboratorio el peso seco.

Los resultados preliminares muestran un gran desarrollo de la plantación, con mayores rendimientos en los tratamientos que contienen fertilizantes fosfatados más solubles (roca más molida y con mayor reacción en el suelo). Muy efectiva también fue la fertilización al segundo año. Hasta el quinto año no se observa un efecto significativo de la cal en el crecimiento de la plantación.

La biomasa aérea al cuarto año en los tratamientos extremos muestra que los árboles presentan similares patrones de distribución de sus componentes (madera del fuste 56 - 57 %, corteza 9 - 10 %, ramas 17 - 18 % y hojas 16 - 17 %), aunque la biomasa total fue mayor con la fertilización (90 t/ha) en comparación con el testigo (58 t/ha). La densidad básica de la madera resultó levemente superior en los árboles fertilizados (475 kg/m³) con respecto a los testigos (448 kg/m³), pero se observó una amplia variabilidad entre árboles.

Palabras clave: Fertilización, fósforo, plantación joven, *Eucalyptus nitens*.

¹ Dr. Ingeniero Forestal, Universidad Austral de Chile, Chile, vgerding@uach.cl

² Dr. Ingeniero Forestal, Universidad Austral de Chile, Chile, jschlatt@uach.cl

³ Ingeniero Agrónomo, estudiante del Magister en Ciencias mención Silvicultura, Universidad Austral de Chile, Chile, japarici@smtp.uach.cl

⁴ Proyecto Universidad Austral de Chile DID-S-200024 y Proyecto FONDECYT 1010174.

A COMPARISON OF *Eucalyptus nitens* AND *E.globulus* IN THE ANDEAN FOOTHILLS AND CENTRAL VALLEY OF CHILE

Victor Sierra, Roberto Lopez, Jeremy Brawner¹

ABSTRACT

Two trials of *E.nitens* Maiden were analyzed to identify candidates for selection, determine genetic parameters, and predict gains. The 69 families, from three provenances, were compared to operational *E.nitens* and *E.globulus* seedling controls originating from seed production areas. At first glance, the *E.globulus* control appears to be performing much better than *E.nitens*, but when survival is taken into account using mean annual increment for volume (MAIV) *E.globulus* falls behind the *E.nitens* provenances. Basing selection on individual tree growth and straightness, the preferred Australian provenance would be Toorong. The survival of Barrington Tops was 17% higher at both locations making mean annual increment of volume (MAIV) numerically (not significantly) better than Toorong. Australian sources of *E.nitens* greatly outperformed *E.globulus* at the colder location and were generally consistent in their performance across sites.

Heritabilities for growth traits were moderate on both sites with mean annual increment of volume showing the most promise for gain across sites. Selection of the top 10% of the families for seed production would gain more than 84% in MAIV across sites. Gain predictions are quite high, but they are relative to this highly variable population and account improvement due to family, provenance and species differences. Type b genetic correlations were fairly high and suggest that a single population should be developed for sites resembling the trial locations. This is encouraging due to the fact that the sites are very different in terms of site quality and climate, representing the extremes of the *E.nitens* planting zones. MAIV was the least stable trait due to differential survival of the families at the two locations, but should stabilize in future generations as adaptation to the Chilean sites increases.

Keywords: *Eucalyptus nitens*, Stability, Parameters, *Eucalyptus globulus*

¹ Forestal Mininco, Los Angeles, Chile

EUCALYPTS PLANTATIONS AS AN ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL ALTERNATIVE FOR MARGINAL AGRICULTURAL LANDS

Yechiel Zohar* and Avi Gafni**

SUMMARY

The agriculture in Israel, much like in other developed countries is gradually heading towards high quality lands whilst marginal lands are progressively abandoned. This phenomenon causes severe economic as well as ecological problems. One of the solutions proposed for the productive use of the abandoned fields was eucalyptus tree plantation as a viable agricultural branch. One of the rationales for this approach is the saving of precious national water by the conversion from irrigated to a dry farming along with the avoidance of using artificial fertilizers and herbicides. Eucalyptus has the merits of being amenable to an intensive management with reasonable returns at relatively short rotations. There are market demands in Israel for the eucalyptus major products: shredded wood for the MDF plant and solid wood for construction material and furniture. Thus, commercial growing of eucalyptus trees in Israel involves two kinds of cutting rotations: a short one (4 to 6-year) in which about 40-50 percent of the low to medium performing trees are selectively cut whilst the better performing trees (upright appearance and minimum branching) are left for the long rotation of 10 to 14-year. The latter will be utilized for solid wood products. Economic analysis has shown that this combined approach is the most profitable for the grower. Among other benefits drawn from the growing of eucalyptus in Israel should be mentioned bee grazing (particularly in the late summer season when the eucalyptus normally flowers) and the enhancement of the environment.

The major species grown in Israel for MDF and timber is *E. camaldulensis*. The best seed source of this species suitable for dry conditions such as in Israel, is Broken Hill from NSW, Australia. In areas characterized by high groundwater conditions with an advanced soil salinization, the most promising ecotypes are Lake Albacutya, Vic., Australia, and a local seed source evolved in Hadera, Israel. The latter ecotypes have demonstrated appreciable transpiration rates; at age 3 the rate was 1360 mm per year. This outstanding attribute allows the trees to function as 'biological pumps' and thus, replace the conventional drainage technique, which, under present conditions in Israel, is not cost-effective. The biomass yield accrued under high groundwater/saline conditions in the 5-year old plantation was 30-40 ton/ha/year, on the average. Trees that were left for the long rotation at age of 7 years had developed diameter ranged from 20 to 30 cm.

In conclusion, the research results (7 years) from experimental plots in Israel have proven the viability of growing selected eucalyptus species for commercial as well as environmental purposes in the otherwise increasingly expanding abandoned lands.

Keywords: *Eucalyptus camaldulensis*, Biodrainage, Farm plantation

*Ph.D. Head of Eucalypts Research, The Volcani Center The Agricultural Research Organization, PO Box 6, Bet Dagan 50250, Israel. E- mail: yzohar@netvision.net.il

** Ph.D. Research Coordinator, KKL-JNF-Eshtaol, Mobile Post 99775, Israel.
E- mail: avigafni@netvision.net.il

TEMA 2

TOPIC 2

ESTRATEGIAS DE MEJORAMIENTO

Objetivos de Mejoramiento
Nuevas Estrategias
Estimación de Valores de Mejoramiento
Estrategias de Selección
Predicción y Modelación de Ganancias
Mejoramiento para Adaptabilidad (heladas, sequías, plagas y enfermedades)

BREEDING STRATEGIES

Breeding Objectives
New Strategies
Breeding Values Estimation
Selection Strategies
Gain Predictions and Modelling
Breeding for Adaptability (Frost, drought, pest and diseases)

TISSUE WATER RELATIONS IN *EUCALYPTUS GLOBULUS* SUBESP. *MAIDENII*. PROVENANCE, DROUGHT AND SEASONAL EFFECTS

Ana B. Guarnaschelli (*), Ana M. Garau y Jorge H. Lemcoff

SUMMARY

Performance of five provenances of *Eucalyptus globulus* subsp. *maidenii* under drought conditions was explored. Water restriction treatments to five months-old seedlings cultivated in pots were applied during July 1997 (winter) and December 1999 (summer). Pressure volume curves analysis revealed that drought cycles induced changes in tissue water relations. $Y_{p_{FT}}$ (osmotic potential at full turgor) decreased significantly at the end of both seasons but, the magnitude of osmotic adjustment was larger in July. Intra-specific variability in $Y_{p_{TL,P}}$ (osmotic potential at turgor loss point) was observed at the end of the summer treatment. Apoplastic water fraction increased in stressed plants during December, which might have contributed to osmotic adjustment. x_{max} (maximum bulk modulus of elasticity) changed significantly among provenances and due to the water stress. While tissue elasticity decreased in July, increased in December, reducing $RWC_{TL,P}$ (relative water content at turgor loss point) in stressed plants. Provenances evidenced also differences in RWC (relative water content) and g (stomatal conductance) at the end of both drought periods.

This information allows us to consider that osmotic and elastic adjustment has to be considered some of the factors that contributed to the drought tolerance of the selected provenances. These results are discussed considering their importance for successful seedling establishment.

Key words: *Eucalyptus globulus* subsp. *maidenii*, pressure volume curves, osmotic adjustment, elastic adjustment, seasonal effects

A.B. Guarnaschelli. Departamento de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Av. San Martín 4453, 1417 Buenos Aires, Argentina. Tel. +54 11 4524 8091. Fax +54 11 4514 8731. E-mail: guarnasc@mail.agro.uba.ar

A. M. Garau. Departamento de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Av. San Martín 4453, 1417 Buenos Aires, Argentina. Tel. +54 11 4524 8091. Fax +54 11 4514 8731. E-mail: agarau@mail.agro.uba.ar

J.H. Lemcoff. IFEVA, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires/CONICET. Av. San Martín 4453, 1417 Buenos Aires, Argentina. Tel. +54 11 4524 8070. Fax +54 11 4514 8730. E-mail: lemcoff@ifeva.edu.ar



DESARROLLO DE UNA RAZA LOCAL DE *Eucalyptus globulus* TOLERANTE AL FRÍO EN CHILE

Braulio Gutiérrez C.¹; María Paz Molina B.²; Claudio Balocchi L.³; Fernando Droppelmann F.⁴

RESUMEN

La baja resistencia al frío de *Eucalyptus globulus* es el principal factor que restringe su desarrollo y limita su crecimiento y área de cultivo. Las especies alternativas sugeridas para plantar en aquellas áreas donde esta especie presenta limitaciones han evidenciado otras restricciones que las limitan como sustitutas de *E. globulus* en la industria de la celulosa.

Existen opciones tecnológicas para sobrellevar este problema. Entre ellas el mejoramiento genético tradicional, basado en la selección, evaluación y posterior masificación de individuos con mayor tolerancia, se perfila como una opción de gran interés.

En este contexto, el presente documento entrega una revisión de las distintas opciones tecnológicas para abordar el problema de la tolerancia al frío de *E. globulus*, y presenta la propuesta que está desarrollando INFOR, junto a la Cooperativa de Mejoramiento Genético, BIOFOREST y empresas forestales, a través del proyecto FONDEF "Captura de Genotipos para el Desarrollo de una Raza de *E. globulus* Tolerante al Frío".

Palabras Clave: *Eucalyptus globulus*, Mejoramiento genético, Tolerancia al frío.

ABSTRACT

The low cold resistance of *Eucalyptus globulus* is the main factor that affects its growth and restricts the cultivation areas. Alternative species suggested for cold zones have limitations for the Pulp Industry.

There are some options to face this problem. One of the most interesting is the traditional breeding and genetic improvement, based on selection, evaluation and finally mass production of the most resistant trees.

According to the above-mentioned reasons this paper reviews different options to face the problem of *E. globulus* cold tolerance, and shows a proposal which is developing by INFOR, CMGF, Bioforest S.A. and Chilean forestry enterprises, through the FONDEF project "Genotypes Capture to Develop a *Eucalyptus globulus* cold-resistant line"

Keywords: *Eucalyptus globulus*, genetic Improvement, cold-resistance

¹ Instituto Forestal. Casilla 109 C, Concepción. bgutierr@infor.cl

² Instituto Forestal. Casilla 109 C, Concepción. mmolina@infor.cl

³ BIOFOREST S.A. Camino a Coronel Km 15, Coronel. cbalocch@arauco.cl

⁴ Coop. de Mejoramiento Genético. Casilla 567, Valdivia. fdroppel@uach.cl

BIOCAT : UN PROGRAMA PARA EL ANALISIS DE ENSAYOS GENETICOS FORESTALES

De Veer,C.¹ Balocchi,C.², Crespell,P.³, Hodge,G.⁴ y Droppelmann,F.⁵

RESUMEN

El crecimiento del programa genético de Forestal Arauco y en general de las empresas de la Cooperativa de Mejoramiento Genético Forestal de Chile (CMG), trajo como consecuencia la necesidad de analizar un gran número de ensayos de muy distinta naturaleza en forma eficiente. Para lograr esto, se desarrolló en Bioforest SA, un programa computacional que tuvo por objetivo estimar parámetros genéticos y predecir valores genéticos considerando correlaciones edad-edad, interacción genético ambiental, efectos tanto aditivos como de dominancia y que pudiera ser aplicado a material familiar, clonal, procedencias o combinaciones de estos.

El análisis se divide en dos etapas. La primera es la estimación de parámetros, para lo cual se emplea metodología REML. La segunda es la obtención de BLUP de los valores genéticos, usando como parámetros las estimadas obtenidas en la primera etapa. Debido a las dificultades tanto prácticas como estadísticas de la primera etapa, los parámetros se estiman particionando el problema y en cierto modo modelando las correlaciones genéticas. Para esto último, se analizó evaluaciones separadas en el tiempo de una serie de ensayos de distintas zonas de crecimiento, para obtener correlaciones genéticas entre edades. Los puntos así obtenidos fueron ajustados a la curva exponencial propuesta por Lambeth que expresa correlación como función de la relación entre las edades para obtener así correlaciones edad-edad 'puras'. Paralelamente, se obtuvo correlaciones genéticas entre ensayos de igual edad para obtener estimadas de correlación sitio-sitio, tanto entre sitios de dentro de una zona de crecimiento como entre zonas de crecimiento. El producto de estas estimadas se consideró una aceptable estimada de la correlación entre sitios de diferente edad. Para la característica volumen estandarizado (el volumen de cada árbol dividido por la desviación típica fenotípica del bloque en que se encuentra) en *Eucalyptus globulus*, la heredabilidad fue 0,17, la correlación genética entre sitios de igual zona de crecimiento fue en promedio 0,65 mientras que la correlación genética entre sitios de distinta zona bajó a un promedio de 0,45. No se dispone aún de estimadas de componentes no aditivos.

El programa de análisis ha resultado una herramienta poderosa que permite obtener BLUP's bajo modelos bastante complejos y grandes volúmenes de datos con gran facilidad.

PALABRAS CLAVES: BLUP, REML, *Eucalyptus globulus*.

¹ Bioforest S.A., Chile, cdeveer@arauco.cl.

² Bioforest S.A., Chile, cbalocchi@arauco.cl.

³ Bioforest S.A., Chile, pcrespel@arauco.cl.

⁴ CAMCORE, USA, Gary R Hodge <grh@unity.ncsu.edu>

⁵ Cooperativa de Mejoramiento Genético, Chile, fdroppel@uach.cl

EVALUACION GENETICA DE LA TOLERANCIA AL FRIO DE FAMILIAS DE MEDIOS HERMANOS DE *Eucalyptus globulus*.

Droppelmann, F.¹, Balocchi, C.², Morales, E.³, y Catalan, G.⁴,

RESUMEN

Las condiciones de sitio en que se planta *E. globulus* en Chile normalmente incluyen heladas de variadas magnitudes y frecuencias. Ello ha significado sufrir pérdidas de crecimiento y calidad de las plantaciones en muchas áreas hasta pérdidas de un 100% en otras.

Conscientes de lo anterior, a partir de 1998 se ha comenzado a desarrollar una estrategia de mejoramiento genético en *Eucalyptus globulus* que contempla una línea especial para mejorar la tolerancia al frío de la especie. Una de las fuentes de selección proviene del material que se encuentra en los ensayos de progenie.

En agosto del año 2000 se evaluó el daño sufrido por heladas en un ensayo de progenie de Forestal Los Lagos S.A., constituido por 77 familias de polinización abierta, en un diseño de un árbol una parcela o "single tree plot". El ensayo tenía un año de edad y en el lugar ocurrieron más de 30 heladas entre junio y agosto del año 2000. Los resultados muestran una gran variabilidad en la tolerancia al frío, detectando al mismo tiempo un grupo de familias significativamente más tolerantes frío. Se estimó un valor de heredabilidad de 0.56 para esta característica.

Finalmente se señalan las actividades futuras que se realizarán en este ensayo y la forma en que se continuará el desarrollo genético del mejor material seleccionado según estos resultados.

Palabras claves: tolerancia al frío, mejoramiento genético, *Eucalyptus globulus*.

¹ Cooperativa de Mejoramiento Genético, Chile, fdroppel@uach.cl

² Bioforest S.A., Chile, cbalocch@arauco.cl.

³ Cooperativa de Mejoramiento Genético, Chile, emorale1@uach.cl

⁴ Forestal Los Lagos S.A. Casilla 427, Puerto Varas, Chile,

GENOTYPIC EVALUATION AND GENOTYPE X ENVIRONMENT INTERACTION IN *Eucalyptus* CLONES SELECTION AT ARACRUZ CELULOSE S. A., BRAZIL

Gabriel Dehon S.P. Rezende¹, Marcos Deon Vilela de Resende², Fernando de L. G. Bertolucci¹

SUMMARY

This paper presents some results concerning to genotypic evaluation and *Eucalyptus* clones selection at Aracruz Celulose S. A. for the traits growth and survival. The experiments were established between 1986 and 1996 in three regions along the Aracruz planting area, over typic kandudults and typic/xantic hapludox soils, in the coastal lands of the states of Espírito Santo and Bahia, eastern Brazil. The analysis were based in observations on 99,882 trees from 569 clones (108 trials) evaluated in the three regions. The statistical methodologies employed were the mixed linear models for growth and mixed non – linear models (generalised linear mixed models, through logit link function between the discrete and continuous scales) for survival. Variance components were estimated by restricted maximum likelihood (REML) through average information and derivative free algorithms. Genotypic values were predicted by the best linear unbiased predictor (BLUP). Predicted genotypic values for growth and survival were combined as a mean to provide the genotypic values for the trait volume per hectare for practical selection purposes.

The individual broad sense heritabilities were in the ranges of 0,24 to 0,28 for volume and of 0,05 to 0,06 for survival. The accuracy of the genotypic values prediction were in the ranges of 0,95 to 0,99 for volume and of 0,70 to 0,75 for survival. Multivariate analysis of the total data assuming the regions as different traits revealed that genotype x environment interaction is not very detrimental in terms of genotypic gain through indirect selection. The genetic correlation through the regions were 0,85; 0,91 and 0,91 for pairs of regions and 0,89 for all regions. Under the testing strategy adopted, the efficiencies (considering the selection of the best ten clones) of using an unique general ranking over the use of a ranking for each region were 0,98; 0,93 and 0,97, showing a small loss of genotypic gain.

Key words: Clones selection, selection efficiency, mixed models, BLUP, REML, *Eucalyptus* improvement.

¹ Research Scientist, Aracruz Celulose S. A., gdr@aracruz.com.br, Brazil

² Research Scientist, Embrapa Florestas, deon@cnpf.embrapa.br, Brazil.

GENOTYPIC EVALUATION AND GENOTYPE X ENVIRONMENT INTERACTION IN *Eucalyptus* CLONES SELECTION AT ARACRUZ CELULOSE S. A., BRAZIL

Gabriel Dehon S.P. Rezende¹, Marcos Deon Vilela de Resende², Fernando de L. G. Bertolucci¹

SUMMARY

This paper presents some results concerning to genotypic evaluation and *Eucalyptus* clones selection at Aracruz Celulose S. A. for the traits growth and survival. The experiments were established between 1986 and 1996 in three regions along the Aracruz planting area, over typic kandudults and typic/xantic hapludox soils, in the coastal lands of the states of Espírito Santo and Bahia, eastern Brazil. The analysis were based in observations on 99,882 trees from 569 clones (108 trials) evaluated in the three regions. The statistical methodologies employed were the mixed linear models for growth and mixed non – linear models (generalised linear mixed models, through logit link function between the discrete and continuous scales) for survival. Variance components were estimated by restricted maximum likelihood (REML) through average information and derivative free algorithms. Genotypic values were predicted by the best linear unbiased predictor (BLUP). Predicted genotypic values for growth and survival were combined as a mean to provide the genotypic values for the trait volume per hectare for practical selection purposes.

The individual broad sense heritabilities were in the ranges of 0,24 to 0,28 for volume and of 0,05 to 0,06 for survival. The accuracy of the genotypic values prediction were in the ranges of 0,95 to 0,99 for volume and of 0,70 to 0,75 for survival. Multivariate analysis of the total data assuming the regions as different traits revealed that genotype x environment interaction is not very detrimental in terms of genotypic gain through indirect selection. The genetic correlation through the regions were 0,85; 0,91 and 0,91 for pairs of regions and 0,89 for all regions. Under the testing strategy adopted, the efficiencies (considering the selection of the best ten clones) of using an unique general ranking over the use of a ranking for each region were 0,98; 0,93 and 0,97, showing a small loss of genotypic gain.

Key words: Clones selection, selection efficiency, mixed models, BLUP, REML, *Eucalyptus* improvement.

¹ Research Scientist, Aracruz Celulose S. A., gdr@aracruz.com.br, Brazil

² Research Scientist, Embrapa Florestas, deon@cnpf.embrapa.br, Brazil.



MODIFICATION OF THE ADDITIVE RELATIONSHIP MATRIX FOR OPEN POLLINATED TRIALS

Gregory Dutkowski¹ and Arthur Gilmour²

SUMMARY

Partial selfing is a common feature of a number of tree genera, including the eucalypts, where a rate of 30% is often assumed. Analysis of forest genetics trials using an individual tree model requires the correct specification of the additive relationship between trees in the trials, and their parents, to give unbiased estimates of variance components and breeding values. Partial selfing in open pollinated families increases the parent-offspring and offspring-offspring relationships and leads to partial inbreeding. Failure to account for this leads to upwardly biased estimates of additive variance, so usually a family model is used to estimate variance components. The authors have developed algorithms for modifying the additive relationship matrix, and generated its inverse, which is necessary for analysis with an individual tree model and prediction of individual tree breeding values. The algorithm has been implemented in a FORTRAN program to generate files to substitute for the normal inverse of the additive relationship matrix used in the ASREML program. Use of the modified relationship matrix has been shown to correct the bias in variance components estimates in both real and simulated data sets.

Keywords: numerator relationship matrix, variance components, breeding values.

Gregory Dutowski et al. (2). Australia 2

A DECISION SUPPORT TOOL FOR EXPENSIVE TO MEASURE TRAITS IN PROGENY TRIALS

Gregory Dutkowski¹ and Carolyn Raymond²

SUMMARY

Wood quality information is becoming of increasing importance in breeding programs. It is however often expensive to measure such traits. Sampling strategies need to be defined which shall both yield unbiased parameter estimates and maximise the gain from selection for a given amount of expenditure. A stochastic simulator has been written to enable testing of sampling strategies. The simulator uses supplied variance-covariance estimates of both selection criteria and breeding objective traits, the economic weights of breeding objective traits, progeny test size, costs of sampling and processing, whether the sampling is destructive, and the number of trees to be selected. Sampling strategies are defined in a very flexible manner: sampling can be at the race, family or tree level, can involve any number of stages, use individual or pooled samples, and selection can be random or based on phenotypic or breeding values. Strategies are compared on the basis of cost, variance components estimates, and gain on an economic index, as well as for each trait. The simulator has been used with the best available genetic parameter estimates for *Eucalyptus globulus*. This showed that a three stage sampling strategy for wood quality traits gave unbiased genetic parameter estimates and the highest gain when compare to other sampling strategies with the same cost. At the first stage all trees are measured for diameter, in the second stage a random sample across families is taken for wood quality, and the third stage targets the unsampled trees with the highest economic index for further wood quality sampling. Assessment of basic density using cores rather than pilodyn penetration showed that, despite increasing costs, the use of cores yielded much higher economic gain. The prediction of kraft pulp yield using the infra-red reflected analysis of wood meal from the cores was however less justified as the extra cost did not yield as much extra gain. This conclusion was however sensitive to the correlation between basic density and kraft pulp yield, which is only poorly estimated.

Keywords: *Eucalyptus globulus*, wood quality, sampling.

Gregory Dutowski et al. (4). Australia 4



ESTIMACION DE PARAMETROS GENETICOS PARA CARACTERISTICAS DE CRECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD EN *Eucalyptus globulus* EN URUGUAY

Gustavo Balmelli, Fernando Resquin, Isabel Trujillo

RESUMEN

Datos de 8 pruebas de progenie de polinización abierta de primera generación de *Eucalyptus globulus* creciendo en tres diferentes zonas de Uruguay fueron utilizados para estimar parámetros genéticos para características de crecimiento y productividad a los 32 y 56 meses de edad (3er y 5to año de crecimiento).

La heredabilidad para altura en sitios individuales varió entre 0.02 y 1.03 y para el conjunto de dos o tres sitios varió entre 0.02 y 0.75; para diámetro a la altura del pecho (DAP), la heredabilidad en sitios individuales varió entre 0.03 y 0.60 y para sitios en conjunto entre 0.06 y 0.47 y para volumen por árbol entre 0.02 y 0.56 para sitios individuales y entre 0.06 y 0.40 para sitios en conjunto. La heredabilidad de familia para sobrevivencia varió desde 0.09 a 0.89 y para volumen por hectárea desde 0.11 a 0.90. Las correlaciones genéticas entre las características de crecimiento (al 3er y 5to año) y el volumen por hectárea al 5to año (característica "objetivo") fueron moderadas a altas, variando para las diferentes pruebas de progenie entre 0.55 y 0.87 para altura; entre 0.62 y 0.92 para DAP y entre 0.67 y 0.94 para volumen por árbol. Las correlaciones genéticas entre sobrevivencia (al 3er y 5to año) y el volumen por hectárea al 5to año también fueron moderadas a altas, variando entre 0.66 y 0.93. La correlación genética entre volumen por hectárea al 3er año con la misma característica al 5to año fue alta en todas las pruebas, variando entre 0.89 y 0.95. Las correlaciones genéticas para la misma característica en diferentes sitios (correlación Tipo B) fueron muy variables, desde muy bajas a moderadamente altas, indicando la existencia en algunas pruebas de una importante interacción genotipo-ambiente. Los valores estimados para este tipo de correlación variaron entre 0.04 y 0.91 para altura; entre 0.12 y 0.80 para DAP; entre 0.20 y 0.82 para volumen por árbol; entre 0.03 y 0.82 para sobrevivencia y entre 0.21 y 0.79 para volumen por hectárea.

Se discute la utilización de estos parámetros para la toma de decisiones en diferentes etapas del Plan de Mejoramiento Genético de la especie.

Palabras clave: heredabilidad, correlaciones genéticas, correlación genética Tipo B, *Eucalyptus globulus*, Uruguay.

Ing. Agr. M.Sc. Gustavo Balmelli Programa Nacional Forestal
INIA-Tacuarembó Ruta 5, km. 386 C.P. 45000 TACUAREMBO – Uruguay
Fax 598-63-23969 Tel 598-63-24560/2

TREEPLAN™ - A GENETIC EVALUATION SYSTEM FOR FOREST TREE IMPROVEMENT

¹Kerr R.J., ¹Tier B., ²McRae T.A., ³Dutkowski G.W. and ³Apiolaza L.A.

SUMMARY

TREEPLAN™ is a genetic evaluation system for forest tree improvement. The system is designed specifically for the efficient and accurate prediction of genetic values of trees for breeding and deployment purposes.

Best Linear Unbiased Prediction (BLUP) is the ultimate selection index and will maximise the use of genetic material within a dynamic tree improvement program. BLUP has important statistical advantages over the more traditional methods used in tree breeding as BLUP allows for the comparison of individuals across space and time, regardless of the environment in which the trees are grown. Although BLUP methods are well developed theoretically, currently available software is suitable only for breeding value estimation and prediction on 'small' and/or 'well structured' (balanced) data sets.

For example, packages such as ASREML and SAS have hardware and software limitations that make them unsuitable for the routine prediction of breeding values. The Southern Tree Breeding Association (STBA) conducts breeding programs in Australasia for *Pinus radiata* and *Eucalyptus globulus*. A feature of these programs is a 'rolling front' strategy with overlapping generations. Without suitable BLUP software it is difficult to combine information across locations, years and generations, particularly where the pedigree is complex.

Clearly, a lack of suitable BLUP software has acted as an impediment to genetic progress in many tree improvement programs internationally. TREEPLAN™ has been developed by the STBA and the Animal Genetics and Breeding Unit as an 'industrial strength' system for breeding value prediction using technologies developed and used routinely in animal breeding. The statistical (implicit reduced individual tree) model is a mixed linear model with an additive genetic effect fitted for each individual tree. TREEPLAN™ handles standard statistical designs, multiple traits, genetic groups, covariates, pooled samples, repeated observations, clonal data, heterogeneous error variances, and non-normal distributions.

¹ Animal Genetics and Breeding Unit, University of New England, Armidale, NSW, Australia.

² Southern Tree Breeding Association, Mount Gambier, SA, Australia.

³ CRC Sustainable Production Forestry, University of Tasmania, Hobart, Tasmania, Australia.

WHY ARE MOST BREEDERS NOT USING ECONOMIC BREEDING OBJECTIVES?

Luis A. Apiolaza¹ and Bruce L. Greaves²¹

ABSTRACT

The direction of progress for a tree improvement program is determined by a formerly defined objective, that is the linear combination of traits to improve multiplied by their respective economic weights. These weights are derived from production functions, which simply describe the impact of trait change on some economic measure (usually profit). In this sense, they have relevance to both silviculture and breeding. Nevertheless, often objectives in forestry have either not been quantified or have been imprecisely defined, being more the expression of wishful thinking than the product of economic analysis. The CRC for Sustainable Production Forestry (CRC-SPF) has been at the forefront of the development of such objectives for vertically integrated *Eucalyptus globulus* and *Pinus radiata* industries.

We review basic theory, the current status of breeding objectives development and explore several issues that hinder their usefulness. Some of the problems affect the construction of the objective function (e.g. poor knowledge of the relationship between biological traits and end-product properties, uncertainty on both cost structure and future market prices), other problems affect the application of the objective in the selection process (e.g. lack of good estimates of relationship between selection criteria and objective traits) and, finally, some problems impact on transforming gain in the objective into economic advantage for the industry (e.g. poor market signals between layers of the industry).

We discuss these problems and suggest ways to overcome them and/or flag them as areas for further research. It seems to be that the major obstacle for developing formal breeding objectives is uncertainty. We postulate that breeders already have enough information to develop and use sensible breeding objectives.

Key words: breeding objectives, economic evaluation, selection criteria, risk.

¹Quantitative Geneticist and ²Honorary Research Fellow, CRC for Sustainable Production Forestry and School of Plant Science, University of Tasmania, GPO Box 252-55, Hobart TAS 7001, Australia. email: luis.apiolaza@utas.edu.au, bruce.greaves@bigpond.com

GENETIC AND PHYSIOLOGICAL CHARACTERIZATION OF A POPULATION OF CLONES OF *Eucalyptus globulus* IN PORTUGAL

M. Helena Almeida, C. Santos, R. Chambel, J. S. Pereira (1)

SUMMARY

During the last five years *E. globulus* clonal forest increased c.a. 4000 ha per year in Portugal as a consequence of a better technique for rooting cuttings and plant production and as an output of the breeding programs. The management of high productivity plantations implies the selection of adequate genotypes. In *E. globulus*, however genotype x environmental interaction was observed as significant at the provenance level.

Profiting of the establishment of several clonal test trials with 39 clones in common in 6 sites, we evaluated the genotypic stability of growth performance over different environments and years for growth. In a sub-set of 12 clones established in 3 sites we assessed also the importance of several physiological parameters such as water use efficiency, specific leaf area and leaf N concentration. We observed that the growth differences between clones increased with time, however there are no changes on the ranking of the clones after one and seven years of plantation.

The clonal heritability estimation for growth in height and diameter between years 1 and 7, over the sites was quite stable and high. This suggests that field trials provide a good control of environmental factors. Although genotype x environment interaction was significant, joint regression analysis showed that a minority of clones contributed to the interaction. On the other hand, one of the conclusions of this work is that high concentration of N in leaf tissues does not imply high growth rates, confirming other data that show that slow growers often accumulate N while using it poorly for growth. Higher water use efficiency is not always linked to a greater growth rate as observed also by Osório et al. (1998). However, the more productive clones had always a high or moderately high water use efficiency. When considering the overall ranking, the best producers were all well positioned regarding water use efficiency as estimated by the discrimination for ^{13}C .

(1) Instituto Superior de Agronomia, Departamento de Engenharia Florestal,
Tapada da Ajuda, 1499-017 Lisboa, Portugal

COMPORTAMIENTO DE LOS PARÁMETROS GENÉTICO Y EL “RANKINGS” EN UN ENSAYO DE PROGENIES-PROCEDENCIAS CON Y SIN RALEO

María Paz Molina B.¹, Braulio Gutiérrez C.², Roberto Ipinza C.³

RESUMEN

Se analiza el efecto de los raleos sobre los parámetros y “rankings” genéticos de una prueba de progenies de *Eucalyptus nitens*. Para estos efectos se compara los parámetros genéticos y el ordenamiento de los valores de mejora (“ranking”) de un ensayo de procedencias-progenies que fue evaluado en ocasiones sucesivas, antes y después de ser sometido a un raleo no sistemático, con fines sanitarios. Posteriormente, se analiza la variación experimentada en el “ranking” y en los parámetros genéticos, concluyendo que la estimación de estos se ve alterada como consecuencia de la intervención.

Considerando que se confunde el efecto de la intervención (raleo) con el del año de la medición evaluada, se simulan distintas alternativas de raleo en la base de datos correspondiente a una medición específica del ensayo. Posteriormente se estiman los parámetros genéticos y se construyen los “rankings” asociados a cada una.

Lo anterior permite evaluar el efecto de las distintas alternativas de intervención (raleo sistemático, al azar, por lo alto y por lo bajo) sobre los parámetros y “rankings” obtenidos.

La metodología utilizada en esta evaluación corresponde a un análisis familiar y de árbol individual pre y post raleo, considerando un modelo mixto, en donde los bloques y las procedencias son considerados como efectos fijos y la familia y/o árbol como efectos aleatorios. Se analizan tendencias y se establecen hipótesis para verificar diferencias significativas tanto de los parámetros genéticos como de los “rankings”.

Esta metodología se aplica tanto en el análisis de dos mediciones sucesivas (pre y post raleo), como en una misma medición en que las distintas alternativas de intervención se simulan en su base de datos.

Finalmente se discute y analiza la pertinencia del ensayo para continuar siendo evaluado y se discuten las consideraciones prácticas asociadas a las diferentes alternativas de raleo simuladas.

Palabras clave: *Eucalyptus nitens*; ensayo de procedencias-progenie; parámetros genéticos.

¹ Instituto Forestal, Sede Concepción. Casilla 109 C, Concepción. E-mail: mmolina@infor.cl

² Instituto Forestal, Sede Concepción. Casilla 109 C, Concepción. E-mail: bgutierr@infor.cl

³ Progénesis. Rudloff 2083, Valdivia. E-mail: maxxs@ctcreuna.cl

ESTRATEGIA DE INTRODUCCIÓN Y MEJORAMIENTO GENÉTICO DE *Eucalyptus globulus* EN COSTA RICA

Murillo, Olman¹; Badilla, Yorleny² & Obando, German³

RESUMEN

Se presentan los resultados del crecimiento y mortalidad de familias de *Eucalyptus globulus* al primer año de plantadas en la Cordillera Volcánica Central de Costa Rica. El material fue introducido al país y establecido bajo un diseño de campo que permite su conversión futura a huertos semilleros. Se obtuvieron altas diferencias significativas con la altitud y la zona de vida con respecto al crecimiento en altura y a la tasa de sobrevivencia. La variable compuesta, sumatoria de altura de individuos vivos, registró que a mayor altitud menor crecimiento y sobrevivencia, pero a mayor pluviosidad mayor crecimiento. De las 20 familias de *Eucalyptus globulus* con que inició el Programa de Conservación y Mejoramiento Genético Forestal del ITCR – FUNDECOR, se seleccionaron preliminarmente las mejores 7 y sus progenies, con el fin de utilizarlas como base de un desarrollo de reforestación clonal comercial en el país. Se requiere ampliar la base genética del Programa con base en nuevas introducciones de material mejorado y adaptado a condiciones de alta precipitación. La especie *Eucalyptus globulus* muestra un futuro muy promisorio para el desarrollo forestal de las zonas altas de Costa Rica.

¹ Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica. FAX 591-4182. omurillo@itcr.ac.cr

² Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central. ybadilla@costarricense.cr

³ Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central. FAX: 766-6203. gobando@fundecor.or.cr

IMPLICANCIAS DE LA INTERACCIÓN GENOTIPO AMBIENTE PARA EL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DE *Eucalyptus camaldulensis* EN CHILE

Roberto Ipinza C.¹, Braulio Gutiérrez C.², María P. Molina B.³

RESUMEN

Eucalyptus camaldulensis es la especie de más amplia distribución en Australia. En el mundo es una de las más difundidas como especie exótica, debido a su buen crecimiento en sitios pobres con baja precipitación; gran capacidad de retoñación; capacidad para tolerar suelos inundados o salinos; y utilidad de su madera para distintos usos. En Chile ha demostrado ser una especie muy adecuada para la forestación en zonas semiáridas, situación que ha motivado su inclusión en los programas de mejoramiento genético impulsados por el Instituto Forestal.

El artículo analiza la interacción genotipo ambiente evidenciada por la especie en Chile y analiza las repercusiones de esta para su programa de mejoramiento genético.

Se consideran cuatro ensayos de progenie y procedencia de *Eucalyptus camaldulensis* de 5 años de edad, localizados en la zona de central de Chile (V, VI y región metropolitana). Se estima la correlación genética Tipo B, entre pares de ensayos para las variables DAP y altura. Se consideran tres escenarios: baja interacción genotipo ambiente, con una correlación genética Tipo B de aproximadamente 0.80, moderada interacción genotipo ambiente, con una correlación genética Tipo B de aproximadamente 0.67 y finalmente una alta interacción genotipo ambiente, con una correlación genética Tipo B de 0,5%.

La estimación de las varianzas y covarianzas para determinar las correlaciones genética Tipo B, utiliza un modelo mixto tetravariado en que el sitio, la procedencia, la interacción sitio * bloque y sitio * procedencia se consideran efectos fijos; los efectos de la interacción sitio * árbol y sitio * familia * bloque se consideran aleatorios. Los componentes de varianza se estiman mediante REML (máxima verosimilitud restringida).

Finalmente se analiza la opción de mantener una sola población de mejora, dado que la interacción genotipo ambiente es de baja a moderada en los cuatro ensayos estudiados.

Palabras clave: *Eucalyptus camaldulensis*; ensayo de procedencias-progenie; interacción genotipo ambiente.

¹ Progénesis. Rudloff 2083, Valdivia. E-mail: maxxs@ctcreuna.cl

² Instituto Forestal, Sede Concepción. Casilla 109 C, Concepción. E-mail: bgutierr@infor.cl

³ Instituto Forestal, Sede Concepción. Casilla 109 C, Concepción. E-mail: mmolina@infor.cl

BLUP EQUATIONS FOR CLONE AND BREEDING PARENT SELECTIONS FROM A CLONED BREEDING POPULATION OF *Eucalyptus grandis*

S.D.Verry, C.L. Snedden and M.H. Hettasch

SUMMARY

The relative ease by which *Eucalyptus grandis* can be cloned provides an opportunity to incorporate cloning in breeding strategies. The CSIR has a seven year old cloned breeding population. The usual BLUP models need to be adapted for making selections in such a breeding population. These and other BLUP models which are useful to tree breeders are described.

The selection of clones for mass production requires different equations to the breeding parent equations, and requires estimates of the additive and non-additive variance components. Additive and non-additive estimates of variance components obtained for several traits of the *E. grandis* breeding population are presented. The proportion of non-additive variance is shown to be a significant point of decision regarding the benefits of deploying clones versus seedlings.

Keywords: BLUP, genetic parameters, cloning, selection, *Eucalyptus grandis*

S.D.Verry, PhD (Genetics) CSIR, South Africa. sverryn@csir.co.za

C.L.Snedden BSc(Hons) (Forestry) CSIR, South Africa, csnedden@csir.co.za

M.H. Hettasch BSc(Hons) (Genetics) CSIR, South Africa, mhettasc@csir.co.za



USING F₂ FAMILIES TO SEARCH FOR MACHANISMS OF GENETIC BASED PEST RESISTANCE IN *Eucalyptus globulus*

T.H. Jones¹, B.M. Potts¹, R.E. Vaillancourt¹ and N.W. Davies²

SUMMARY

Clonally replicated F₂ *E. globulus* families were used to search for genetic associations between resistance to autumn gum moth (*Mnesempela privata*) and cuticular waxes and foliar oils. Examination of the field trial, situated in Tasmania, Australia, revealed highly significant variation in resistance between genotypes within two out of three families. Broad sense heritabilities for defoliation within families ranged from 0.24 to 0.33. Mean defoliation levels also varied significantly between families, and correlated negatively with weed abundance and positively with tree height. The relative amounts of 16 oil compounds and 26 cuticular wax compounds were assessed in 15 of the most resistant and 15 of the most susceptible genotypes in the two variable families. No significant correlations between resistance and individual oil compounds or total oil content were identified. While no significant association between total wax yield was found either, a highly significant association between several wax esters was discovered, both within and between these two families. Broad-sense heritabilities of the variation of these wax compounds were high (0.82-0.93) indicating a potential for selective breeding.

Results from two additional experiments indicate that this association is unlikely to be an induced response. These findings suggest a high probability that these wax esters, minor components of the wax cuticle, may play a role in the defense mechanism of *E. globulus* against autumn gum moth. The advantages of selection based on traits that directly impact upon resistance are discussed.

KEYWORDS: *Eucalyptus globulus*, autumn gum moth, cuticular waxes, resistance, esters.

T. H. Jones et al. Australia 2



INFUSION SOURCES FOR THE CHILEAN LOCAL LAND-RACE OF *E.globulus*

Victor Sierra, Roberto Lopez, Jeremy Brawner¹

SUMMARY

Two trials of *E.globulus* Labill. spp. *globulus* were used to determine the value of using selections from the native range to enhance the genetic quality the local land-race of Forestal Mininco. A control lot of material from seed production areas was used as a reference for comparisons with Australian provenances. The trials were also analyzed to determine genetic parameters and generate gain predictions. Heritabilities for growth traits were low to moderate on both sites with mean annual increment of volume (MAIV) showing the most promise for gain from selection.

Some of the *E.globulus* natural range populations were found to have superior growth and straightness when compared to the commercial controls, but this was very dependent on the site (large provenance by site interactions). The only clear conclusion that could be made across sites was that the provenance Chenocky grew very poorly. Although not proven, the hypothesis is that the control material performed relatively well in the northerly test because the site of the seed production area more closely resembles that of the northerly test and the southerly location more closely resembles the environment of the native range. Type B genetic correlations suggest developing separate populations or directed seed collections would provide greater genetic gain than developing one broadly adapted population for seed production. Selection of the top 20% of the parents for seed production would gain more than 19% in mean annual increment across sites. Using seed from the top 20% of the parents would gain 37% in the Northern site and 42% in the Southern site in mean annual increment. These gain predictions are quite high, but they are relative to this highly variable population and account improvement at the level of the family improvement as well as the provenance. Australian material was found to be very valuable as a source of genetic material to amplify and improve the genetic base of one of the most important eucalyptus species in Chile, but care must be taken to test intensively on a wide variety of sites.

¹ Forestal Mininco, Los Angeles, Chile

TEMA 3

TOPIC 3

HIBRIDACIÓN

Objetivos de los Híbridos
Estrategias de Mejoramiento de Híbridos
Genética de Híbridos
Producción de Híbridos

HYBRIDISATION

*Hybrid Objectives
Breeding Strategies for Hybrids
Hybrid Genetics
Hybrid Production*



THE EFFECT OF PLOT SIZE ON *Eucalyptus* HYBRID CLONAL RANKING IN COASTAL ZULULAND, SOUTH AFRICA

Retief, ECL ^{*1} Galloway, GM ¹ and Stanger, TK ¹

SUMMARY

Hybrid clones with *Eucalyptus grandis* as one parent and, generally, *E. urophylla* as the other are deployed commercially as mono-clonal blocks by Sappi in the sub-tropical region of Zululand, South Africa. Clones obtained from full-sib progeny trials are screened in field trials of six replications of three tree row plots to rapidly identify superior clones.

Prior to commercialisation, these are then planted in more comprehensive clone by site interaction trials, using three replications of 6 x 6 tree square plots. Only the inner 4 x 4 trees, that simulate the competition that would occur between individuals of the same clone under plantation conditions, are measured in each plot.

There is an uncertainty whether plot size influences clonal ranking and therefore selection of clones for commercialisation. The breeding programme planted a trial testing eight *Eucalyptus* hybrid clones in single tree, eight tree line and 8 x 8 tree square plots, in coastal Zululand, South Africa.

The growth and ranking of the different clones in the different plot sizes, measured at age three years, are presented here.

In this paper the effect of plot size on relative clonal performance is examined and the design of clonal screening trials is discussed.

Keywords: clones, clonal ranking, genotype by plot size interaction

¹ Shaw Research Centre, Sappi Forests Research, PO Box 473, Howick, 3290, South Africa

Tel. no.: + 27 (0)33 330 2455

Fax no.: + 27 (0)33 330 4938

E-mail: elizer@za.sappi.com



EUCALYPTUS HYBRID BREEDING IN ITC BHADRACHALAM, INDIA

H. D. Kulkarni, K. R. Venkatesh and P. Santhakumar.

SUMMARY

The clonal forestry programme on Eucalyptus started by the company in the year 1989 with the main species *E. tereticornis* Smith. (Mysore gum) and *E. camaldulensis* Dehnh. These two species are widely planted in India covering more than 1 million hectares and serve as major source of raw material to the pulp and paper industries. Since then, 613 plus trees (spontaneous or open pollinated hybrids) were selected, cloned and tested on variety of soil and climatic conditions. From these trials, 86 outstanding, fast growing, disease resistant promising clones were short-listed for Farm Forestry clonal plantation programme. So far, 15000 ha of Eucalyptus clonal plantations have emerged in India. Slowly the seed route plantations are being replaced by clonal plantations as productivity of "Eucalyptus Bhadrachalam" clones range from 22 to 58 cum / ha / yr compared to 6 to 10 cum / ha / yr from seed route plantations.

For developing the Eucalyptus for future, hybridization programme was initiated in 1994. To set up breeding orchard for carrying out controlled - pollination, scion material was collected from selected trees of *E. camaldulensis* Dehnh., *E. alba* Reinw., *E. urophylla* Blake., *E. grandis* Muell., *E. torelliana* Muell. and were cleft grafted on *E. tereticornis* Smith. seedling stock. Except *E. torelliana* Muell. other species showed graft compatability. The grafts of these species attained an average height of 10 m and are flowering.

At the first instance, intra - specific hybridization was attempted to combine desirable complementary attributes of promising clones and eliminate defects keeping in view the customers (Growers / Mill) view points viz. high yields (Volumetric productivity), felling cycle of 3 to 5 years (economic rotation), adaptability to sites, superior wood quality and uniform raw material. By controlled pollination between the best 33 clones of *E. tereticornis* Smith. intra-specific hybrids were developed. Some of the control - pollinated hybrids have shown good heterosis at 1 to 2 years age and such 212 trees have been cloned for field trials to select superior hybrid clones for raising future plantations. These hybrids were performing better than the parents for girth, height, volume and stem straightness. Simultaneously, Inter-specific hybridization of *E. tereticornis* Smith., with *E. camaldulensis* Dehnh., *E. urophylla* Blake., *E. grandis* Muell., *E. alba* Reinw., *E. torelliana* Muell. were attempted. Hybrid seedlings of Urograndis and Teretigrandis were obtained from Shell Forestry Ltd. U.K. for trials. This paper reviews briefly the research work on Eucalyptus breeding.

Key words: Heterosis, Inter and Intra-specific hybridization, Productivity.

ITC Bhadrachalam Paperboards Limited, Sarapaka -507128, Andhra Pradesh, India.
e-mail: HDKulkarni@itcbpl.com



GENETIC PARAMETERS OF SEEDLING GROWTH AND DRY WEIGHT IN TWO NUTRIENT CONCENTRATION FOR INTERSPECIFIC HYBRID BETWEEN *Eucalyptus pellita* AND *E. urophylla*¹

Mulawarman², Oemi Hani'in Suseno³, Setyono Sastrosumarto³, Mohammad Na'iem³

SUMMARY

Genetic parameter were estimated for interspecific hybrid between *E. pellita* and *E. urophylla* at seedling stage that were planted on two nutrient concentration. Genetic materials were derived from a control crossing experiment at Wanagama Forest Research Station using a factorial mating design. Seven female parents of *E. pellita* and 5 male parents of *E. urophylla* were randomly selected for crossing. The hybrid families performance were evaluated on two nutrient concentration application i.e. low nutrient concentration (5 ppm N, 2.5 ppm K₂O, and 2.5 ppm P₂O₅). Genetic analyses were performed on seven traits i.e. seedling height at 1.5 month (H_{1.5}), seedling height at 2.5 month (H_{2.5}), seedling height at 3.5 month (H_{3.5}), seedling dry weight (SDW_{3.5}), root dry weight (RDW_{3.5}), shoot/top dry weight (TDW_{3.5}), and top-root ratio (TRR_{3.5}).

Variance of general hybridizing ability (GHA) and specific hybridizing ability (SHA) were estimated as measures of additive and dominance genetic variance using restricted maximum likelihood methods. The seven traits showed variable level of genetic control.

Effect of nutrient concentration on the hybrids performance was highly significant. Dominance source of variation is relatively more important for the seven traits both in low and high nutrient concentration. Ratio of estimated additive and dominance variance calculated across nutrient concentration are as follows: H_{1.5}, 0.26; H_{2.5}, 0.20; H_{3.5}, 0.19; SDW_{3.5}, 0.20; RDW_{3.5}, 0.22; TDW_{3.5}, 0.21; TRR_{3.5}, unestimated due to zero dominance variance. Female effect was more important than male effect except on seedling height at 1.5 month. Narrow sense heritabilities were low for the seven traits.

Key words: genetic parameter, *Eucalyptus*, hybrid.

¹ A part of research for dissertation

²PhD candidate, Faculty of Forestry, University of Gadjah Mada. Tree Domestication Research Officer, International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF), South East Asian Regional Program, Jl. CIFOR Situgede, Sindang Barang, P.O. Box 161, Bogor 16001, Indonesia. Email: Mulawarman@cgiar.org.

³ Faculty of Forestry, University of Gadjah Mada, Bulak Sumur, Yogyakarta, Indonesia.

DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA HÍBRIDA INTERESPECÍFICA EN UN HUERTO SEMILLERO CLONAL DE *Eucalyptus globulus*

Patricio Rojas, Pablo Ramírez de Arellano, Carlos Contardo, Claudio Balocchi¹ y Brad Potts²

RESUMEN

Se efectuaron alrededor de 5.000 cruzamientos en flores de *E. globulus* en un huerto semillero clonal para explorar la factibilidad de producir semilla híbrida a gran escala en cruzamientos con polen de *E. nitens* y *E. viminalis*. Se usó como tratamiento estándar la técnica de polinización en una sola visita. En la flor de *E. globulus* el estilo fue aislado con un tubo de silicona sellado con algodón en un extremo. Se probaron distintos tipos de cortes de estilo para evitar la incompatibilidad unilateral que se produce por el crecimiento del tubo polínico de *Eucalyptus* de flores pequeñas que no alcanzan a recorrer completamente el estilo de *E. globulus*. Se incluyeron como controles flores no polinizadas de *E. globulus* para usarlas en comparación con las semillas obtenidas en los cruzamientos híbridos. También se efectuaron comparaciones con las cruas recíprocas usando polen de *E. globulus* en flores de *E. nitens* y *E. viminalis*. Los tratamientos se distribuyeron en 30 rametos de 9 clones de *E. globulus*. Se empleó un modelo estadístico para evaluar el efecto del genotipo (polen/flor madre), tratamientos aplicados al estilo, tipo de cruzamiento y sus interacciones con la semilla obtenida. En el mejor tratamiento, la semilla obtenida del cruzamiento interespecífico fue la cuarta parte del cruzamiento intraespecífico de *E. globulus*. Aunque la hibridación debe ser verificada usando marcadores morfológicos y moleculares, la virtual ausencia de semilla en las yemas no polinizadas (controles) sugiere que el corte de estilo puede superar la barrera unilateral de hibridación entre *E. globulus* y *E. nitens*. Se evalúa mediante una correlación la interacción entre el polen y el genotipo de la madre en los cruzamientos intra e interespecíficos. Otros tratamientos están siendo ensayados para mejorar la producción de semilla híbrida. La supervivencia de los cruzamientos recíprocos en *E. nitens* usando la técnica de polinización en una sola visita fue muy pobre, sugiriendo que debido a la reducida cantidad de semilla obtenida será más factible económicamente producir semilla híbrida en huertos semilleros de *E. globulus*. Una vez que se obtenga exitosamente semilla híbrida F1, se deben estudiar otros factores como la baja germinación y altos porcentajes de plantas normales.

Palabras claves: *Eucalyptus globulus*, polinización en una sola visita, inviabilidad híbrida, corte de estilo, cruzamientos controlados, semilla híbrida.

¹ BIOFOREST S.A. Camino a Coronel Km. 15. Fax (65-41) 390439. Casilla 70-C. Concepción. Chile.

² Cooperative Research Centre for Sustainable Production Forestry, School of Plant Science, GPO Box 252-55. Fax (+61-3) 6226 2698. University of Tasmania, Australia.

projasve@arauco.cl

pmrojas@postoffice.utas.edu.au

EFFECT OF PLOT SIZE AND SPACING ON ASSESMENT OF *Eucalyptus* HYBRIDS CLONAL VALUE

Saya RA*, Vigner P**, Bouvet JM**, Cornillon PA**, R. Gouma ***

SUMMARY

More than 30 clonal tests have been established from 1988 in order to select *E. urophylla* x *E. grandis* hybrid clones in the framework of a reciprocal recurrent selection scheme in Congo. For these tests, several experimental designs were tested in order to reduce the cost of the selection and to increase the selection efficiency. The authors analyse results belonging from single tree and 3 by 3 or 5 by 5 square plots with different planting densities ranging from 666 to 1600 trees per hectare.

Genetic correlation was estimated between clonal tests. Highest correlation was found between tests established with the same field design. This correlation increases with age. The lowest was found when tests differ both by stocking and plot size.

Growth curves parameters differ from clone to clone, even within a full sib family, and a range of behaviours occur as poor performers with fast early growth or outstanding clones with lower early growth. In addition, immediate neighbours dramatically affect individual performances. On poor sandy soils, as shown by several spacing trials, between tree competition occurs as soon as 1 year old, even for planting densities lower than 600 trees per hectare. Under strong between genotypes competition, induced by close spacing, clone ranking seems to be determined mainly by early growth. Large spacing and square plots seem better to predict clonal value in large scale plantations.

Keywords: clonal value, spacing, field design, genetic correlation, *Eucalyptus*.

*Dr, UR2PI, Congo, UR10@calva.com

**Dr, CIRAD-Forêt, France, Vigner@cirad.fr

*** Engineer, UR2PI, Congo, UR10@calva.com



TEMA 4

TOPIC 4

MEJORAMIENTO PARA CALIDAD DE MADERA Y FIBRA

Requerimientos de Productos: Presente y Futuro
Características y Sistemas de Medición
Genética de Calidad de Madera
Genética vs. Sitio y Silvicultura en Calidad de la Madera

BREEDING FOR SOLID WOOD AND FIBRE QUALITY

Products Requirements: Present and Future
Traits and Measurement Systems
Genetics of Wood Quality
Genetics vs. Site and Silviculture on Wood Quality



