

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

CÁTEDRA DE SILVICULTURA

Planificación silvícola: *Eucalyptus grandis* en el NE de la provincia de Entre Ríos



Alumnos

Sebastián Bonnin

Elizabeth Haug

Julián Mijailoff

Santiago Ponce

Docentes responsables

Ing. Ftal. Juan F. Goya. Profesor Titular – Cátedra de Silvicultura.

Ing. Ftal. Fabio G. Achinelli. Profesor Adjunto – Cátedra de Silvicultura.

Contenido

Introducción	3
Objetivo	4
Área de estudio.....	4
Factores de producción.....	5
Elección de especie	5
Material genético.....	5
Calidad de sitio.....	6
Estructura de rodal	8
Densidad.....	9
Edad.....	9
Producción de plantas.....	9
Técnicas de establecimiento	10
Preparación de sitio	10
Sistema silvicultural	10
Tratamientos intermedios.....	11
Control de malezas	11
Control de hormigas.....	11
Fertilización.....	12
Podas.....	12
Raleos	13
Estructura meta - Manejo de la densidad.....	13
Criterio de cortabilidad	14
Bibliografía.....	16

Introducción

La República Argentina cuenta con aproximadamente 1.200.000 ha de bosque cultivado, forestadas principalmente con especies exóticas de rápido crecimiento, entre ellas coníferas (*Pinus* spp.), eucaliptos (*Eucalyptus* spp.) y salicáceas (*Populus* spp. y *Salix* spp.). Alrededor del 80% de dicha superficie se concentra en la Región Mesopotámica, la cual abarca las provincias de Misiones, Corrientes y Entre Ríos. Esta última ocupa el tercer lugar en cuanto a superficie de plantaciones forestales a nivel nacional, con 154.000 ha de las cuales el 70% corresponden a eucaliptos (www.minagri.gob.ar). La principal especie cultivada es *Eucalyptus grandis* y en sitios no aptos para la misma se emplean *Eucalyptus dunnii*, *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus saligna*, *Pinus elliotii* y *Pinus taeda* (www.entrieriosforestal.blogspot.com.ar). Las plantaciones con *E. grandis* se concentran en las terrazas del Río Uruguay, en una franja de 20 km paralela a la costa de dicho río, desde Concordia hacia el norte de la provincia (Beale & Ortiz, 2013) (Figura 1).

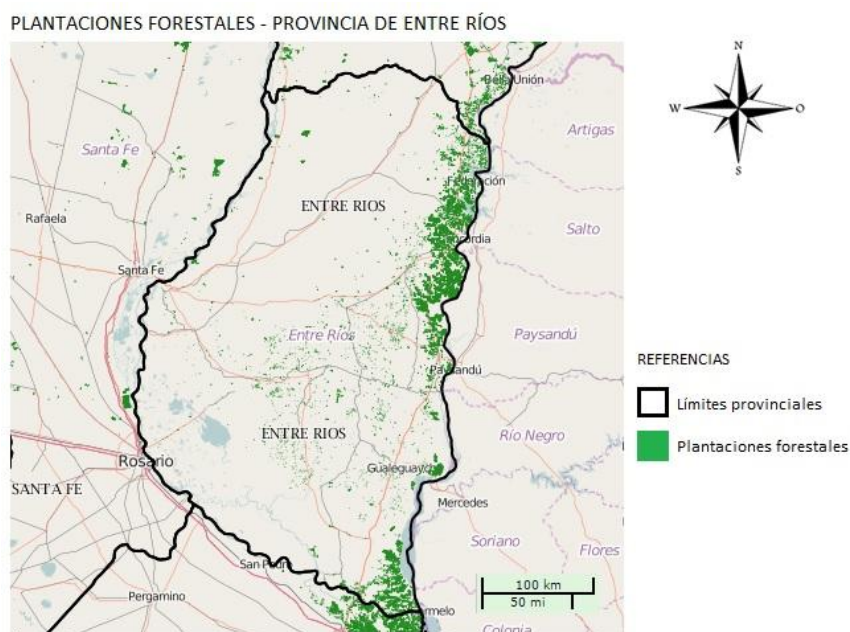


Figura 1. Plantaciones forestales en la provincia de Entre Ríos. Fuente: elaboración propia. Fuente de datos: SIIA – MAGyP (ide.siiia.gob.ar).

En los últimos años, el sector forestal en la provincia registró un crecimiento importante en cuanto a la superficie con plantaciones. Respecto a otros sectores productivos, como el agrícola, se caracteriza por una gran inversión inicial con retorno a largo plazo, por lo que el fracaso o éxito de una plantación dependerán de una correcta definición de objetivos y planificación de las actividades para su establecimiento y desarrollo. La planificación silvícola constituye una herramienta fundamental a la hora de establecer y manipular un rodal forestal para la obtención de bienes y servicios deseados. Involucra la definición de objetivos, la realización de un diagnóstico de la situación actual, la aplicación de diversas estrategias para lograr una estructura de rodal deseada y la valoración de lo obtenido en función de los objetivos planteados.

Objetivo

Realizar una planificación silvícola para un Establecimiento Forestal localizado en el NE de la provincia de Entre Ríos, cuyo objetivo es la forestación para la producción sostenida de madera comercial principalmente con destino al aserrado y molienda.

El árbol objetivo para aserrado debe reunir ciertos requisitos en cuanto a calidad, forma y dimensión de fuste; entre ellas, madera libre de nudos, rectitud de fuste, baja conicidad y a su vez debe cumplir con ciertos diámetros mínimos en punta fina y máximos en punta gruesa. Los árboles destinados a molienda serán los que no cumplan con los requisitos de calidad y dimensiones para aserrado.

Área de estudio

El Establecimiento se encuentra ubicado en el NE de la provincia de Entre Ríos. Cuenta con un predio de 2.000 ha de tierras de las cuales 1.500 ha presentan aptitud forestal.

La zona se caracteriza presentar clima subtropical sin estación seca, con precipitaciones que rondan los 1.200 mm anuales, concentradas principalmente en otoño y verano y en menor medida en invierno y primavera (www.entreriosforestal.blogspot.com.ar). Respecto a las temperaturas, la media anual es de 20°C, la del mes más cálido ronda los 32°C y la del mes más frío, 8°C. (Figura 2).

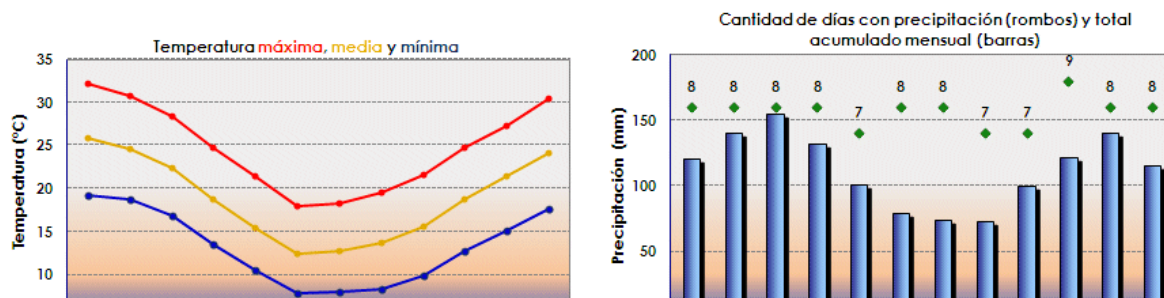


Figura 2. Valores medios de temperatura y precipitación para el período 1961-1990 en Concordia, Entre Ríos. Fuente: www.smn.gov.ar.

El período libre de heladas abarca los meses de octubre a abril. En la Figura 3 se observa que la mayor probabilidad de ocurrencia de heladas se concentra en los meses de junio y julio, con una duración de 3-5 días.

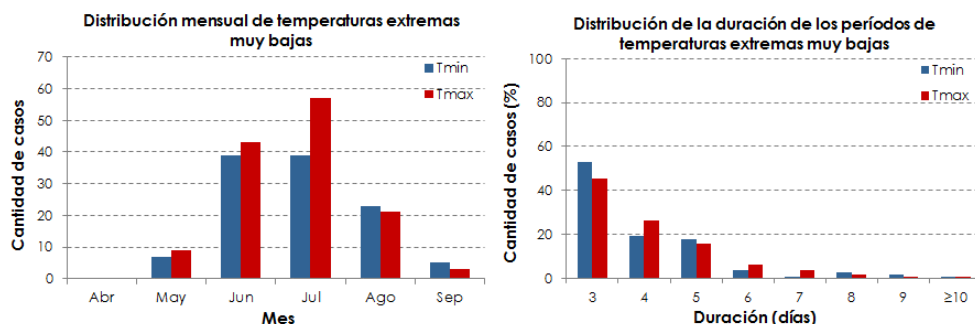


Figura 3. Períodos de temperaturas extremas muy bajas para el período 1961-2012 en Concordia, Entre Ríos. Fuente: www.smn.gov.ar.

Los suelos predominantes pertenecen a los órdenes Entisol (arenosos rojizos profundos) e Inceptisol (arenosos pardos profundos o “mestizos”) de origen aluvial. Los primeros se localizan sobre la costa del Río Uruguay y los mestizos, en la media loma. Además de ser profundos y presentar un alto contenido de arena, se caracterizan por baja fertilidad química, con diferencias importantes en la profundidad efectiva del perfil pero en general con buen drenaje interno. Los mestizos presentan mayor fertilidad y retención de humedad que los suelos más arenosos. En las partes más altas se pueden encontrar suelos del orden Vertisol, con mayor contenido de arcilla y presencia de ciertas limitantes, por ejemplo de drenaje (Cátedra de Silvicultura, 2015) (INTA, 1995).

A continuación se desarrollarán distintos factores que hacen a la planificación a nivel de rodal.

Factores de producción

Elección de especie

La elección de la especie correcta para el sitio de plantación se relaciona con la viabilidad del cultivo de la misma y el cumplimiento de los objetivos propuestos. Para ello se tiene en cuenta la interacción del genotipo con el ambiente o sitio (Cátedra de Silvicultura, 2015).

La especie que se empleará para llevar a cabo la plantación será *E. grandis*. Se trata de una especie muy difundida en la zona por su muy buena adaptación y crecimiento en una variada gama de condiciones edafoclimáticas, exceptuando aquellas con drenaje deficiente y ocurrencia de heladas, la capacidad de producción de grandes volúmenes de madera en períodos relativamente cortos, además de su aptitud maderera para múltiples usos, entre ellos aserrado, laminado, aglomerado, pulpa, postes cortos y largos, tijeras, varas, rodrigones, etc (INTA, 1995).

Material genético

No sólo resulta importante la elección de la especie sino el material genético que será empleado y el conocimiento de su variación intraespecífica, ya que puede implicar diferencias fenotípicas importantes que se traducen en diferencias productivas (Cátedra de Silvicultura, 2015).

El material utilizado en la zona tiene su origen en New South Wales (NSW) y Queensland (QLD) en Australia (INTA, 1995) (Figura 4). Su introducción en la zona se dio en la década de 1940 a partir de un número reducido de progenitores. Las analogías edafoclimáticas entre estos orígenes y el NE de Entre Ríos permitieron un establecimiento y una adaptación exitosa, obteniendo muy buenos rendimientos.



Figura 4. Área geográfica de distribución natural de *E. grandis* en Australia. Fuente: INTA, 1995.

Calidad de sitio

Hace referencia a la producción potencial o máxima posible de un bien o servicio de un sitio (factores edafoclimáticos, topográficos, fauna, vegetación, etc.), para una genética dada (especie o grupos de especies, clones, etc.) en un tiempo determinado. Expresa una capacidad productiva, determinada por parámetros edáficos y climáticos del sitio. La importancia de su análisis radica en la evaluación de factibilidad de proyectos, en la decisión de realizar o no prácticas silviculturales en función de respuestas diferenciales según la calidad de sitio, en la comparación de rendimientos logrados respecto a los potenciales, en el monitoreo de la sustentabilidad del sistema productivo y en la definición de superficies equiproductivas y ordenación de los bosques. Dado que es un factor que no permanece invariable en el tiempo, sino que puede modificarse con un manejo intensivo, resulta fundamental el análisis del impacto de diversas prácticas sobre la capacidad productiva a fin de no disminuirla (Cátedra de Silvicultura, 2015).

En la zona, la calidad de sitio está determinada principalmente por limitantes edáficas, entre ellas la profundidad de la capa arcillosa o gredosa en los suelos mestizos. En suelos arenosos profundos las limitantes constituyen la falta de retención hídrica, pudiendo existir períodos de sequía en primavera y/o verano, y la baja fertilidad. A su vez, pueden existir limitaciones en el drenaje que, combinado con lluvias estacionales y relieve plano, pueden provocar la elevación del nivel freático e inundaciones. En el caso del *E. grandis*, si bien se ha plantado en un amplio espectro de variación edáfica en la región (Figura 5), los mejores rendimientos se observan en los suelos mestizos profundos (Figura 6) húmedos, bien drenados, y relieve de poca pendiente (INTA, 1995). Es por ello que los suelos más aptos para llevar a cabo la plantación serán los mestizos ubicados en la media loma.

Tipo de suelo	Crecimiento medio anual esperado m ³ /ha/año
Suelos rojos profundos Ultisol	45-50 m ³ /ha a los 10 años
Arenoso pardo profundo y arenoso rojizo (virgen) con profundidad efectiva mayor de 60 cm Entisol	40-45 m ³ /ha a los 10 años
Arenoso pardo con profundidad efectiva alrededor de 30 cm Inceptisol	30-35 m ³ /ha a los 10 años
Arenoso de baja fertilidad, alrededor de 60 cm de prof. o mas. Brunizem arenoso	25-30 m ³ /ha a los 10 años
Vertisol arenoso	20-25 m ³ /ha a los 10 años

Figura 5. Incremento medio anual de *E. grandis* en la Mesopotamia. Fuente: INTA, 1995.

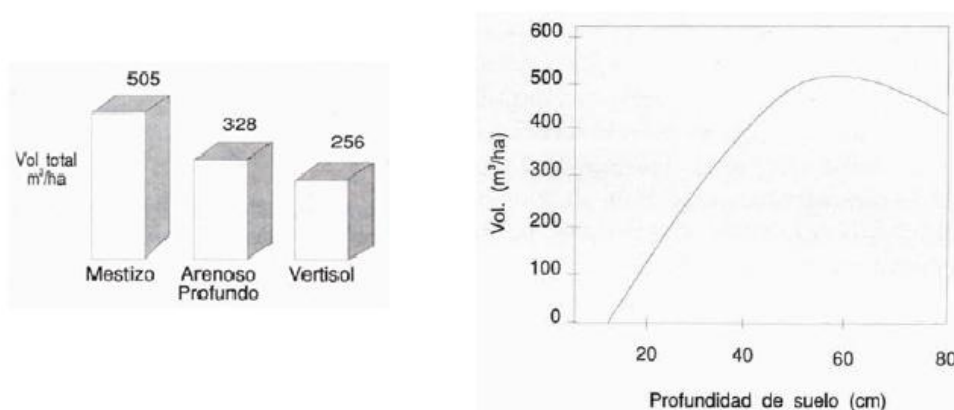


Figura 6. Crecimiento de *E. grandis* en tres suelos del NE de Entre Ríos a los 10 años (izq.) y relación entre productividad de *E. grandis* a los 10 años con profundidad del perfil en suelos arenosos del NE de Entre Ríos (der.). Fuente: INTA, 1995.

Los rendimientos y crecimientos en volumen de un rodal actúan como indicadores directos de la calidad de sitio. Otro muy utilizado es el índice de sitio, que se define como la altura dominante promedio de un rodal a la edad base o índice (Crechi *et al.*, 2011). Se trata de un indicador indirecto, independiente de la densidad, que me permite estimar la productividad de un sitio. Mediante curvas de índice de sitio es posible comparar distintas calidades de sitio evaluando la altura dominante de cada una a la edad índice (Cátedra de Silvicultura, 2015). Las mismas se construyen a partir de pares de datos de altura dominante – edad, provenientes de parcelas ubicadas en distintos sitios. El desarrollo de modelos matemáticos o funciones que tengan buen ajuste a dichos datos permite la estimación del índice de sitio. En la Figura 5 se muestra un ejemplo de curvas de índice de sitio para *E. grandis* de la zona de estudio (Crechi *et al.*, 2011). Este gráfico se tomará como referencia a la hora de seleccionar un índice de sitio de referencia para el manejo de la densidad.

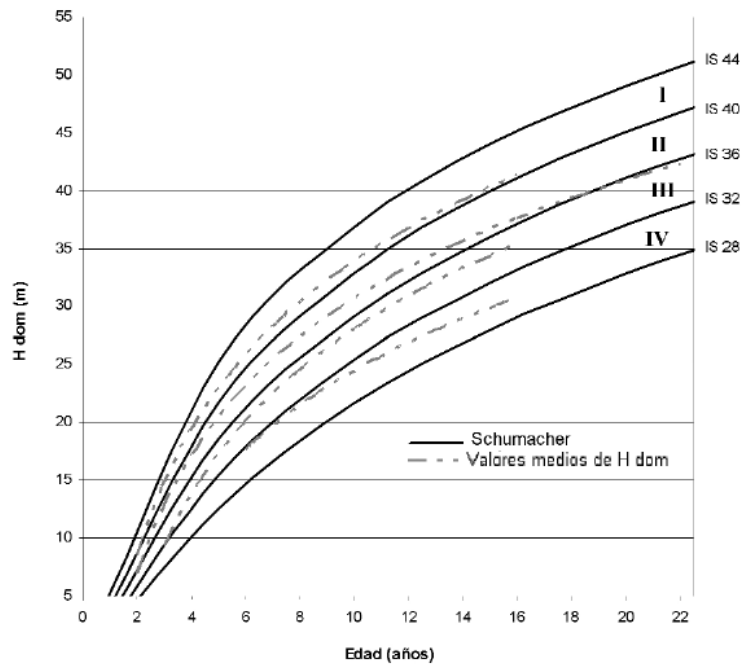


Figura 7. Curvas de índice de sitio para *E. grandis* obtenidas a través del modelo de Schumacher empleando el método de aproximación algebraica diferencial (ADA) para la región agroecológica Concordia – Monte Caseros. Fuente: Crechi *et al.*, 2011.

Estructura de rodal

Este concepto se relaciona a características del conjunto de árboles por unidad de superficie, que pueden estar asociadas a la edad (rodales coetáneos o disetáneos) y a la distribución en el espacio vertical (estratos, posición sociológica) y horizontal (área basal, clases de tamaño de DAP, frecuencia) de los mismos (Cátedra de Silvicultura, 2015).

Respecto a la edad, la plantación constituirá un rodal coetáneo ya que todos los individuos tendrán la misma edad o pertenecerán a la misma clase de edad, pudiendo existir distintas clases de tamaño. Su estructura quedará definida por una distribución normal, con los parámetros media y desvío estándar. La evolución del rodal en el tiempo en volumen, área basal, biomasa, etc. quedará representada por una curva sigmoidea o curva de crecimiento acumulado. Al momento del turno se eliminará completamente la fisonomía de bosque.

El hecho de que el comportamiento de los individuos corresponda a un mismo estado de desarrollo permitirá la aplicación de un mismo criterio de manejo, facilitando el mismo.

En cuanto a la estructura vertical del rodal podrán existir diferencias entre los individuos en mayor o medida dependiendo del estadio de desarrollo del rodal. En una etapa juvenil, las diferencias entre individuos tenderán a ser mínimas (desvío estándar pequeño) y a medida que el rodal crezca, las mismas podrán acentuarse por factores tales como la dinámica natural del mismo, competencia y variaciones genéticas entre individuos, etc. (desvío estándar mayor). De esta manera, el rodal podrá presentar uno o más estratos (arbóreo, herbáceo, etc.), y el estrato arbóreo estará compuesto por individuos muy diferentes entre sí, adoptando distintas posiciones sociológicas: dominantes, codominantes, intermedios u oprimidos.

La estructura horizontal estará dada por el grado de ocupación del sitio (densidad, área basal, etc.) y la distribución de los ejemplares por clase de tamaño.

Tanto la estructura vertical como horizontal se irán modificando mediante la aplicación de raleos (eliminando árboles oprimidos o intermedios, por ejemplo, y manejando la densidad, respectivamente) lo que permitirá mejorar las condiciones de crecimiento de los árboles remanentes y que al turno queden los mejores individuos (árboles objetivo).

Densidad

Es una medida cuantitativa de la población de árboles en términos de parámetros como número de individuos, área basal, volumen, etc. por unidad de superficie. Da idea del nivel de ocupación del sitio y su correcta utilización, el grado de utilización de los recursos (agua, luz y nutrientes), y además condiciona el tamaño individual de los árboles y el turno. Existen distintos indicadores para poder caracterizarla; uno de ellos es la cantidad de individuos por hectárea (Cátedra de Silvicultura, 2015).

Se planteará una ocupación plena del sitio, utilizando una densidad inicial de 1.111 ind/ha, con una configuración cuadrada de 3 x 3 m. Esta densidad se encuentra dentro de las más utilizadas en la región (INTA, 1995); a su vez, el marco seleccionado permite labores mecanizadas cruzadas una vez establecida la plantación. Siendo el objetivo la producción de madera para aserrado, dicha densidad se irá disminuyendo mediante la aplicación de raleos con el objetivo de mejorar las condiciones de crecimiento de los árboles remanentes, por liberación de espacio y recursos, y obtener individuos de mayor tamaño al turno, principalmente en diámetro. Si bien el volumen total del rodal al momento de la cosecha será inferior, los mayores diámetros (mayores volúmenes individuales) permitirán un mayor rendimiento de tablas por rollizo en aserradero (INTA, 1995).

Edad

Se asocia a cambios en el tamaño de los individuos, las proporciones de tejido (vivo, muerto, fotosintético o no) y en la estructura del rodal, tanto vertical como horizontal. A su crecimiento de los individuos varía y por ende la dinámica de los recursos (luz, agua y nutrientes). Es un factor que, junto con la densidad, condiciona las tasas de crecimiento anuales, los rendimientos medios anuales y el turno de corta (Cátedra de Silvicultura, 2015).

Estos factores influirán en la determinación de las edades más indicadas para podar y ralear y el momento de cosecha del rodal.

Producción de plantas

Constituye una de las etapas claves a la hora de establecer una plantación. De la calidad genética, física y fisiológica del material seminal utilizado y la obtención de plantines en vivero que reúnan ciertas características morfológicas y fisiológicas para ser llevados a campo dependerá el establecimiento exitoso y buen desarrollo de la plantación. El plantín ideal debe tener adecuada relación entre altura de tallo y largo de raíz, tallo de un solo eje, buena conformación del cepellón (firme, con buena densidad de raíces secundarias, no enrolladas),

buena sanidad, lignificación y rusticación (INTA, 1995). Esto estará condicionado por el sistema de producción empleado.

Dada la extensa superficie a plantar, se emplearán plantines comprados en vivero. Ya que la producción a raíz desnuda no es viable para *E. grandis* por características propias de la especie, se emplearán plantas producidas en envases, en particular en bandejas. Si bien además de bandejas pueden utilizarse bolsas de polietileno, las primeras presentan muchas ventajas; permiten obtener plantines con conducción de raíces, podas aéreas y laterales, y buena proporción biomasa aérea/biomasa radical.

A campo se llevarán plántulas 1+0, con 3 mm de diámetro en el cuello, de 25-30 cm de altura, con relación tallo – raíz de 2,5-3 a 1 y rusticadas en vivero (Cátedra de Silvicultura, 2015) (INTA, 1995). La plantación se desarrollará durante los meses de septiembre-octubre, para asegurar el establecimiento de las plántulas antes de la época estival.

Técnicas de establecimiento

Preparación de sitio

El objetivo de esta tarea es suministrar a las plantas las mejores condiciones de aireación y absorción de nutrientes y agua, que permitan el desarrollo de las raíces.

Dado que el suelo donde se desarrollará la plantación no presenta limitaciones ni pendientes elevadas (menores al 10%) se realizará un disqueado y una pasada de rastra de dientes sobre la totalidad del terreno. Esto permitirá el control de malezas y acelerar la mineralización de residuos orgánicos. En suelos mestizos donde puedan existir capas cercanas a la superficie o subsuperficiales con mayor contenido de arcilla o sitios donde se evidencie compactación se hará una pasada con subsolador en la línea de plantación para favorecer la infiltración. En el caso de observarse deficiencias en el drenaje se construirán camellones de 40-50 cm de altura con rastra de discos. Esto permitirá aumentar la profundidad efectiva para la exploración de raíces, aunque puede dificultar posteriores cuidados culturales o el mismo aprovechamiento (INTA, 1995).

Sistema silvicultural

Corresponde a programas de actividades o tratamientos culturales planificados que se aplican a un rodal, desde la preparación del sitio hasta la cosecha final con el fin de regenerarlo, mantenerlo, protegerlo y promover su crecimiento. Incluye los métodos de regeneración y tratamientos intermedios (Cátedra de Silvicultura, 2015).

En el rodal considerado se aplicará el sistema de tala rasa y reforestación. Si bien en la zona es muy común la combinación de dos sistemas, el de tala rasa con manejo del rebrote durante 2-3 rotaciones y luego el de tala rasa con reforestación, no es conveniente en este caso ya que al aplicar raleos, la cantidad de cepas al turno es mucho menor a la de la densidad inicial, por lo que sería necesario reforestar con plantines. El resultado es una plantación muy heterogénea en cuanto a tasas de crecimiento, rendimientos, calidad de los fustes, etc. de los

plantines y de los rebrotes. Además, el rendimiento de los rebrotes tiende a disminuir con las rotaciones y puede ocurrir mortandad de cepas.

Tratamientos intermedios

Control de malezas

Resulta fundamental a la hora de establecer la plantación y durante los primeros años de la misma para favorecer la supervivencia y buen desarrollo de las plantas, a la vez de facilitar otras actividades o tratamientos y disminuir riesgos por incendios (Cátedra de Silvicultura, 2015).

Dado que el *E. grandis* desde su implantación hasta los primeros dos años es altamente susceptible a la competencia con malezas, es indispensable su control. Se realizará un control químico con herbicidas totales, preemergentes y graminicidas en bandas en la línea de plantación y en el caso de ser necesario, una vez establecida, se realizará un control mecánico con rastra de disco de forma cruzada o entre líneas. Hay dos malezas en particular que son críticas para el desarrollo de *E. grandis*. Una de ellas es *Cynodon dactylon* (gramilla), que es la que más afecta en los primeros meses de edad. Si la invasión es generalizada será necesario un tratamiento con herbicida previo a la plantación. Otra de ellas es *Convolvulus* sp. (enredadera), que tuerce y estrangula las plantas al enredarse durante el primer período de crecimiento. En estos casos será necesario carpir y desenredar planta por planta (INTA, 1995).

Control de hormigas

El ataque de hormigas en una plantación repercute negativamente de dos maneras. En un caso puede producir pérdidas en crecimiento y disminución de la supervivencia por defoliación y corte de pecíolos y ramas tiernas. Por otro lado, sin producir la muerte de plantas atacadas, el crecimiento puede verse retardado dando como resultado un rodal heterogéneo, con diferencias en las dimensiones y forma de trozas. A la vez, las secreciones fitotóxicas de las hormigas, junto con los daños en hojas y tallos, provocan la deformación de la planta y pérdida de la calidad de fuste (Cátedra de Silvicultura, 2015).

Los géneros más comunes en la zona son *Atta* y *Acromyrmex*, y constituyen un problema serio durante los tres primeros años de la plantación. Estos géneros cortan las hojas para que sirvan de sustrato para el crecimiento del hongo que alimentará el hormiguero. Su control se realizará antes de la preparación del sitio para evitar roturación de los hormigueros y consecuente dispersión de las hormigas por todo el terreno. Se debe procurar que tanto el sitio de la plantación como sus inmediaciones (mínimo 100 m) esté libre de hormigas. El control se extenderá hasta que las plantas superen 1 m de altura y debe reiniciarse antes de la tala rasa. Primero se identificarán los hormigueros; una vez hallados se procederá a la remoción de la honguera hasta la superficie y la aplicación de un producto tóxico en polvo (Clorpirifos) o líquido (Cipermetrina). En el caso de emplear Clorpirifos (derivado cloro-fosforado) se aplicará a razón de 50 gr/m² de hormiguero y si se emplea Cipermetrina (derivado de las piretrinas) se estiman 250 cm³ de producto activo por cada 150 L de agua. En el caso de no encontrar el hormiguero, se identificarán los caminos que conducen a los

mismos. En ellos se aplicará un cebo tóxico granulado de manera que sea llevado por las hormigas hasta el hormiguero. Este actúa provocando la muerte de las mismas y del hongo por falta de sustrato que son las hojas. La dosis mínima letal es de 20 gr por boca del hormiguero; para un control aceptable se aplican 2,5-3 kg de cebo por hectárea. Las aplicaciones deben realizarse en condiciones de humedad relativa baja para evitar la gasificación del producto (INTA, 1995).

Fertilización

Hay muchas razones por las cuales fertilizar; en rodales, una de las más importantes se relaciona con subsanar deficiencias agudas para favorecer el desarrollo de un cultivo. Otros motivos pueden ser aumentar rendimientos y/o acortar los turnos, producir mayor volumen de madera de calidad, compensar la extracción de nutrientes, y que las plantas puedan superar etapas críticas (heladas, malezas, hormigas, etc.). En viveros permite acortar los ciclos de producción y mejorar la calidad de los plantines en cuanto a tamaño, rusticación, etc. (Cátedra de Silvicultura, 2015).

Se hará una fertilización de arranque localizada con fosfato diamónico, en una dosis de 70-90 gr/planta. Esto aportará nitrógeno y fósforo asimilables, permitiendo acelerar el desarrollo inicial de las plantas, logrando incrementar la altura y diámetro de copa de manera considerable durante los dos primeros años. La ganancia de altura resulta ventajosa antes dos factores a los que *E. grandis* es susceptible: la competencia con malezas y la ocurrencia de heladas. La aplicación se efectuará en primavera-verano, momento en el cual las plantas están en activo crecimiento (INTA, 1995).

Podas

Dentro de los objetivos perseguidos al realizar una poda se encuentra principalmente mejorar la calidad de los productos maderables en cuanto a la presencia de nudos, forma de trozas, etc. Es por ello que esta práctica se justifica en rodales destinados al aserrado o debobinado. Además permite mejorar la sanidad del árbol al eliminar ramas afectadas por plagas o enfermedades, reducir riesgos de incendios (principalmente de copas) y resistencia al viento, equilibrar el sistema aéreo con el radical en casos de trasplantes, entre otros (Cátedra de Silvicultura, 2015).

En la plantación se llevarán a cabo tres podas. La primera se realizará a los 1,5 años y será una poda baja a 1,8-2,5 de altura, dependiendo de la altura de los individuos y DAP (8-9 cm de DAP en los árboles dominantes) y procurando no eliminar más del 50% de la copa. Se realizará en todos los individuos exceptuando aquellos que presenten mala forma u oprimidos. La segunda poda se realizará a los 2 años hasta los 4,5-5 m de altura y la tercera a los 3 años hasta los 7 m; estas últimas se aplicarán a los individuos que no serán raleados. La primera poda puede ser de formación en el caso que existan árboles bifurcados. Caso contrario, se habla de podas de realce para lograr fustes los más cilíndricos posible y libres de nudos (Cátedra de Silvicultura, 2015) (INTA, 1995). Como criterios cuantitativos para la regulación de la poda se tuvieron en cuenta: el diámetro máximo sobre muñón de 10 cm y el diámetro de cilindro con defectos de 13 cm (Aparicio & Caniza, 2009).

Como herramientas se pueden emplear tijeras y serruchos, montados en pértiga en el caso de podas en altura. Se deben procurar realizar cortes limpios y precisos, lo más cercanos al tronco y evitando dejar un muñón, para favorecer la cicatrización adecuada de las heridas y evitar el ingreso de patógenos (Aparicio & Caniza, 2009).

Raleos

Al llevar a cabo raleos en un rodal lo que se busca fundamentalmente es aumentar el crecimiento de los árboles objetivo o de interés. A su vez, permite acortar turnos tecnológicos, hace posible el aprovechamiento de madera en pie con riesgo a perderse, una mejora sanitaria (se extraen árboles enfermos, oprimidos o intermedios) y estructural del rodal (al eliminar árboles bifurcados, deformados o inclinados), una mayor uniformidad a la masa forestal y facilitación del aprovechamientos, entre otros. En algunas ocasiones incluso puede significar una renta intermedia (ingreso de dinero antes de la cosecha) (Cátedra de Silvicultura, 2015).

Se aplicarán raleos por lo bajo, eliminando árboles intermedios y oprimidos y algunos codominantes para favorecer a los dominantes y otros codominantes. El número, intensidad y momento de realización de los mismos, en función de la respuesta en el crecimiento observada, serán presentados en la sección de manejo de la densidad.

Estructura meta - Manejo de la densidad

Mediante el manejo de la densidad es posible alcanzar una estructura de rodal meta o deseada. Esto implica la aplicación de raleos en determinada cantidad, intensidad y momento de realización. Para el análisis de posibles sistemas silvícolas con un determinado programa de raleos y turno para un ciclo de cosecha, se empleó el programa PlaForNEA, que consiste en una herramienta informática que permite estimar crecimiento y producción a nivel rodal de las principales especies forestales implantadas en la Región Mesopotámica (www.plafornea.com.ar). Se trata de una plataforma que engloba un conjunto de modelos empíricos de rodal.

Los sistemas silvícolas ensayados incluyeron densidad inicial e índice de sitio fijos, y se modificaron el turno de corta y los raleos en cuanto a cantidad, intensidad y edad de realización. El índice de sitio de referencia que se adoptó es $IS = 36$, que surge del modelo de curvas de índice de sitio para *E. grandis* descrito anteriormente (Crechi *et al.*, 2011).

El que mejor se adaptó a los objetivos es el que implica tres raleos: el primero a los 6 años con una intensidad del 40% (623 ind/ha remanentes), el segundo a los 9 años con intensidad del 20% (413 ind/ha remanentes) y el tercero a los 12 años con intensidad del 10% (309 ind/ha remanentes); esta última densidad corresponde a la densidad de individuos al turno (estructura meta). En todos los casos se habla de raleos comerciales, el primero con destino a molienda y el segundo y tercero, molienda y aserrado. En las Tablas 1 y 2 se muestran los resultados obtenidos para este sistema silvícola.

Tabla 1. Evolución de rodal de *E. grandis* desde su establecimiento hasta el turno. Fuente: PlaForNEA (www.plafornea.com.ar).

Edad	N (ind/ha)	Alt Dom (m)	Alt Prom (m)	DAP (cm)	DCM (cm)	AB (m ² /ha)	Vtcc (m ³)	FE%	IDR (ind/ha)	VAc (m ³)	IMAv (m ³ /ha.año)	ICAv (m ³ /ha.año)
1	1045	3,53	1,45	1,55	1,64	0,22	0,13	87,52	13,23	0,13	0,13	0,13
2	1045	8,21	8,23	11,05	11,28	10,44	13,67	37,67	291,26	13,67	6,84	13,55
3	1045	12,22	11,89	13,75	14,01	16,12	56,02	25,32	412,78	56,02	18,67	42,35
4	1045	15,62	14,89	15,57	15,86	20,64	110,84	19,80	503,31	110,84	27,71	54,82
5	1045	18,57	17,38	16,88	17,19	24,24	165,90	16,66	572,72	165,90	33,18	55,07
6	1045	21,16	19,47	17,87	18,19	27,16	216,65	14,62	627,43	216,65	36,11	50,75
6	623	21,16	19,74	17,87	18,19	16,19	170,13	18,94	374,06	340,25	56,71	123,60
7	623	23,46	22,32	21,76	22,14	23,99	208,78	17,08	512,69	378,91	54,13	162,25
8	623	25,53	23,99	22,54	22,93	25,72	243,36	15,70	542,23	413,49	51,69	34,58
9	623	27,40	25,45	23,18	23,58	27,20	274,16	14,62	567,07	444,28	49,36	30,80
9	413	27,40	25,65	23,18	23,58	18,03	226,97	17,96	375,92	624,07	69,34	179,79
10	413	29,12	27,58	26,71	27,16	23,93	251,42	16,90	471,76	648,52	64,85	204,23
11	413	30,70	28,79	27,26	27,72	24,92	273,40	16,03	487,38	670,50	60,95	21,98
12	413	32,17	29,87	27,74	28,20	25,79	293,22	15,30	501,04	690,32	57,53	19,82
12	309	32,17	30,02	27,74	28,20	19,30	256,33	17,68	374,87	909,77	75,81	219,44
13	309	33,53	31,45	30,55	31,05	23,39	272,94	16,97	437,54	926,38	71,26	236,05
14	309	34,81	32,37	30,97	31,47	24,04	288,08	16,34	447,18	941,51	67,25	15,14
15	309	36,00	33,21	31,34	31,85	24,62	301,92	15,80	455,83	955,36	63,69	13,84
16	309	37,12	33,97	31,67	32,19	25,15	314,63	15,32	463,64	968,06	60,50	12,70
17	309	38,19	34,66	31,98	32,50	25,63	326,32	14,90	470,73	979,75	57,63	11,69
18	309	39,19	35,30	32,25	32,77	26,07	337,12	14,52	477,20	990,55	55,03	10,80

*En negrita: densidad al turno o de la estructura meta (ind/ha) y DAP promedio de los individuos al turno (cm).

Tabla 2. Volúmenes parciales para diferentes diámetros en punta fina (modelo trigonométrico). Fuente: PlaForNEA (www.plafornea.com.ar).

Intervención	Vol extraído (m ³)	Vtcc por clase diamétrica (m ³)						Suma (m ³)	Residuo (m ³)
		5-10 cm	10-15 cm	15-20 cm	20-30 cm	30-45 cm	> 45 cm		
Raleo sistemático (Edad:6-N:422)	170.13	33.59	133.21	-	-	-	-	166.80	3.33
Raleo sistemático (Edad:9-N:210)	226.97	27.84	128.51	68.39	-	-	-	224.73	2.24
Raleo sistemático (Edad:12-N:104)	256.33	32.05	166.62	55.75	-	-	-	254.42	1.92
Tala rasa (Edad:18)	337.12	4.58	15.29	38.38	212.63	66.10	-	336.99	0.13

*En negrita: turno de corta (años) y volúmenes destinados a aserrado (m³).

Criterio de cortabilidad

Siendo el principal objetivo la producción de madera para aserrado, se tuvo en cuenta un criterio tecnológico. Se tomaron como referencia las dimensiones de trozas admitidas por aserraderos de la zona. Estas son: 12-18 cm de diámetro en punta fina, 18-50 cm de diámetro en punta gruesa y 3,5 m de largo (Mastrandrea *et al*, 2014). En la elección del turno más adecuado se buscó la obtención del mayor volumen de fustes de grandes dimensiones, debido al mayor valor comercial de la madera para aserrado respecto a la madera para triturado.

El turno más indicado, evaluado mediante el programa PlaForNEA, resultó ser de 18 años, ya que permite obtener el mayor volumen de individuos de clases diamétricas mayores a

15 cm en punta fina y mayores a 18 cm hasta 50 cm en punta gruesa, siendo 32,25 cm el DAP promedio de los individuos al turno. Únicamente se destinan a molienda las trozas de menores dimensiones a las admitidas o de menor calidad. Un turno de corta final largo se justifica si se optimización la producción de madera libre de nudos, en combinación de podas y raleos (Aparicio & Caniza, 2009).

Bibliografía

Aparicio, J. L. & Caniza, F. J. 2009. Pautas para la producción de madera libre de nudos de *Pinus sp.* y *Eucalyptus grandis*. Publicación del INTA. 7 pp

Beale, I & Ortiz, E. C. 2013. El Sector Forestal Argentino: Eucaliptos. Revista de Divulgación Técnica Agrícola y Agroindustrial (Facultad de Ciencias Agrarias – UNCa) N° 53, ISSN: 1852 – 7086. 10 pp.

Cátedra de Silvicultura – Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales – UNLP. 2015. Apuntes de cátedra.

Crechi, E. H.; Fassola, H. E.; Keller, A. E. & Barth, S. R. 2011. Desarrollo de funciones de índice de sitio para *Eucalyptus grandis* cultivado en la Mesopotamia Argentina. RIA, Vol. 37, No. 3. pp 238 – 248

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). 1995. Manual para Productores de Eucaliptos de la Mesopotamia Argentina. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (SAGyP) – INTA. Argentina. 162 pp

Mastrandrea, C. A., Flores, M., & de los Ángeles García, M. 2014. Rentabilidad de diferentes manejos de *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden) en Entre Ríos (Argentina) según esquemas de comercialización de trozas. Revista Forestal Mesoamericana Kurú (Costa Rica), Vol. 11, No. 27. pp. 47-54

Dirección de Producción Forestal (DPF) – Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP). Caracterización del sector forestal de la provincia de Entre Ríos. Disponible en: <http://entrieriosforestal.blogspot.com.ar/p/informacion-tecnica.html>. Último acceso: noviembre de 2015.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) – EEA Montecarlo. 2012. PlaForNEA – Plataforma de Gestión Forestal. Disponible en: <http://www.plafornea.com.ar/>. Último acceso: noviembre de 2015.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP). Superficies forestadas en la República Argentina por Provincia y Grupo de Especies. Disponible en: <http://www.minagri.gob.ar/new/0-0/forestacion/index.php?seccion=informacion>. Último acceso: noviembre de 2015.

Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Clima en Argentina: períodos de temperaturas extremas muy bajas – Concordia, provincia de Entre Ríos. Disponible en: <http://www.smn.gov.ar/serviciosclimaticos/?mod=elclima&id=20&var=entrierios>. Último acceso: noviembre de 2015.

Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Clima en Argentina: valores medios de temperatura y precipitación – Concordia, provincia de Entre Ríos. Disponible en: <http://www.smn.gov.ar/serviciosclimaticos/?mod=elclima&id=5&var=entrierios>. Último acceso: noviembre de 2015.

Sistema Integrado de Información Agropecuaria (SIIA) – Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP). Plantaciones forestales. Disponible en: <http://ide.sia.gob.ar/?idp=5>. Último acceso: noviembre de 2015.