



**Ministerio de Agroindustria
Presidencia de la Nación**

Inventario Nacional de Plantaciones Forestales

**Inventario Forestal Permanente de los Bosques
Implantados**

ENTRE RÍOS - ÁREA CONTINENTAL

Diciembre 2017

Equipo técnico:

Subsecretaría de Desarrollo Foresto Industrial de la Nación.

Responsable: Ing. Agr. Roberto Benítez

Colaboradores: Ing. Ftal. Mario Flores Palenzona, Ing. Ftal. Fernanda Pietrantuono, Ing. Agr. Matías Gaute, Tec. Ftal. Marcelo Yorio, Ing. Agr. Juan Poch, Cartógrafa Nora Clemente, Agustín Demarco, Mercedes Ciccale Smit, Gonzalo Sciortino, Ing. Agr. Martin Sabi, Ing. Agr. Micaela Wietz, Natalia Acosta, Matias Rugura, Ing. Agr. Pedro Rivolta, Ing. Ftal. Evangelina Avogadro, Ing. Agr. Ana Pla, Gabriel Spinetto, Victoria López, Victoria Netto, Lucia Alfonzo, Ing. Ftal. Juan Marcovechio, Ing. Ftal. Gabriela García Ciuffani, Eugenia Escoda, Ing. Ftal Mauricio Santacá.

Laboratorio de Investigación de Sistemas Ecológicos y Ambientales (LISEA) - Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF) - Universidad Nacional de La Plata (UNLP).

Responsable: Dr. Marcelo ARTURI

Colaboradores: Ing. Ftal. Juan F. Goya, Ing. Ftal. Martín Sandoval y Dr. Manuel Cellini.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| 1. RESUMEN | 4 |
| 2. RESUMEN GRÁFICO DE RESULTADOS..... | 6 |
| 3. INTRODUCCIÓN | 9 |
| 4. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 9 |
| Información cartográfica utilizada para el diseño del Inventario | 9 |
| Diseño del muestreo | 10 |
| Selección de rodales | 11 |
| Mediciones a campo | 12 |
| Estimación del volumen..... | 13 |
| Estimación de volúmenes discriminado por productos..... | 14 |
| Uso de imágenes satelitales para estimar la edad de las plantaciones. Efecto sobre el error e incidencia en los volúmenes estimados..... | 14 |
| Estimación de volúmenes basada solamente en la edad determinada por imágenes..... | 16 |
| 5. RESULTADOS | 16 |
| Estimación del volumen de Eucalyptus grandis asistida por imágenes..... | 22 |
| Estimación del volumen a partir de la edad obtenida con el uso de imágenes | 23 |
| Forma, defectos y origen de las forestaciones | 24 |
| Volumen discriminado por productos | 25 |
| 6. COMENTARIOS FINALES | 26 |
| 7. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA | 27 |
| 8. APÉNDICES | 28 |
| Apéndice I - Áreas (ha) por grupos de especies y clases de edad para cada departamento inventariado..... | 28 |
| Apéndice II - Propuesta de actualización del inventario..... | 29 |
| Apéndice III - Procedimiento de trabajo en la parcela | 32 |

Inventario de Plantaciones Forestales Entre Ríos - Área Continental

1. RESUMEN

En el marco del Inventario Nacional de Plantaciones Forestales, la Dirección de Producción Forestal (DPF) del Ministerio de Agroindustria de la Nación, ha realizado el inventario de los bosques cultivados del área continental de la provincia de Entre Ríos cuyo objetivo fue estimar las existencias actuales de las plantaciones de la región, conocer su estado y distribución, y evaluar su potencialidad como proveedoras de materia prima para las industrias madereras de la región.

A partir de una base cartográfica con información actualizada de las plantaciones existentes, se aplicó un diseño estratificado que tomó como parámetros la especie plantada (o grupo de especies), la clase de edad y el orden de suelo. Los rodales se seleccionaron al azar, de manera proporcional al área ocupada por cada estrato resultante de la combinación de todos los criterios de estratificación. La unidad de muestreo fue una parcela circular de 500 m² donde se midió el DAP y la altura total de los árboles, se los evaluó en cuanto a su forma y se registraron otras variables como su origen, densidad, manejo silvícola y estado sanitario.

El relevamiento realizado entre 2015 y 2016 abarcó 275 rodales distribuidos en los departamentos de Federación, Concordia, Colón, San Salvador, Concepción del Uruguay y Gualaguaychú.

Sobre un total de 131.600 ha de plantaciones, aproximadamente un 90% corresponde a especies del género *Eucalyptus* y 10% a especies del género *Pinus*. Los rodales con 3 o más años abarcan 126.158 ha, de las cuales el 96% se encuentra en los Departamentos inventariados y alrededor del 90% corresponde a los Departamentos Colón, Concordia y Federación.

Para la estimación del volumen individual con corteza, se utilizaron funciones desarrolladas por Fassola et. al. (2007). para *Eucalyptus grandis* y *Pinus taeda* en la zona Concordia - Monte Caseros. El volumen total de madera fue 24,4 millones de m³ en plantaciones del grupo *Eucalyptus spp.* y 2,9 millones de m³ para el grupo *Pinus spp.*, correspondiendo más de un 90% de ese volumen a plantaciones mayores de 6 años. El error de las estimaciones del volumen promedio para *Eucalyptus grandis*, así como para el grupo *Eucalyptus spp.* resultó inferior a 10% indicando que la muestra representa un resultado consistente para la especie de mayor área plantada.

En cuanto a su forma, el 53% de los rodales de *Eucalyptus spp.* presentaron menos de 20% de árboles con muchos defectos, siendo el más frecuente el combado. A nivel individual, aproximadamente un 50% de los individuos estuvo libre de defectos, mientras que sólo un 10% presentó defectos graves. Alrededor del 89% de los árboles presentaron la primera troza (hasta 4,2 m de altura) libre de defectos. En términos de volumen, los árboles libres de

defectos representaron el 61%, mientras que aquellos con defectos graves sólo el 7%. El volumen correspondiente a madera aserrable representó aproximadamente el 50% del volumen total en los rodales de *Eucalyptus grandis* mayores de 9 años de edad. Al considerar sólo árboles libres de defectos, esa proporción fue de aproximadamente 33%.

Si bien la aplicación de un modelo basado en un análisis espectral de imágenes satelitales para estimar la edad de rodales de *Eucalyptus grandis*, no resultó en una disminución del error de las estimaciones cuando se conoce la edad del rodal, podría ser de utilidad para la actualización del inventario combinando estimaciones a campo con el uso de imágenes como variable auxiliar.

2. RESUMEN GRÁFICO DE RESULTADOS

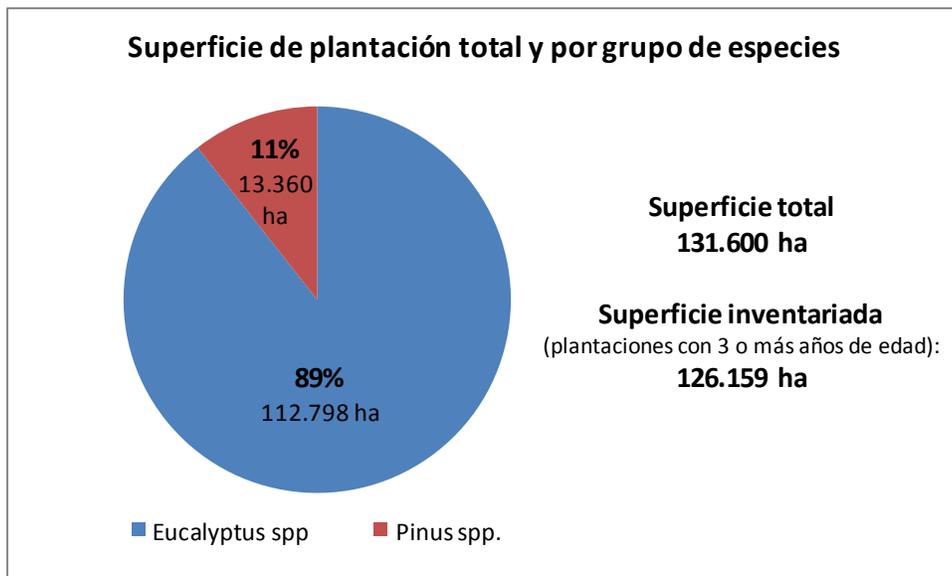


Fig. 1. Superficie total de plantaciones en hectárea (ha) y porcentaje (%) de dicha superficie correspondiente a Pinus spp. y Eucalyptus spp.

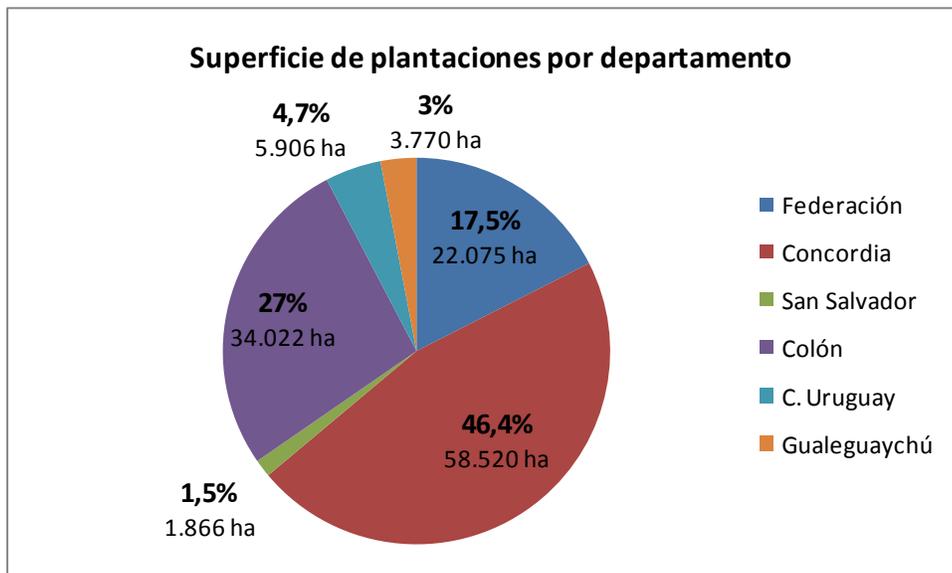


Fig. 2. Superficie total de plantaciones por departamento en hectárea (ha) y en porcentaje (%).

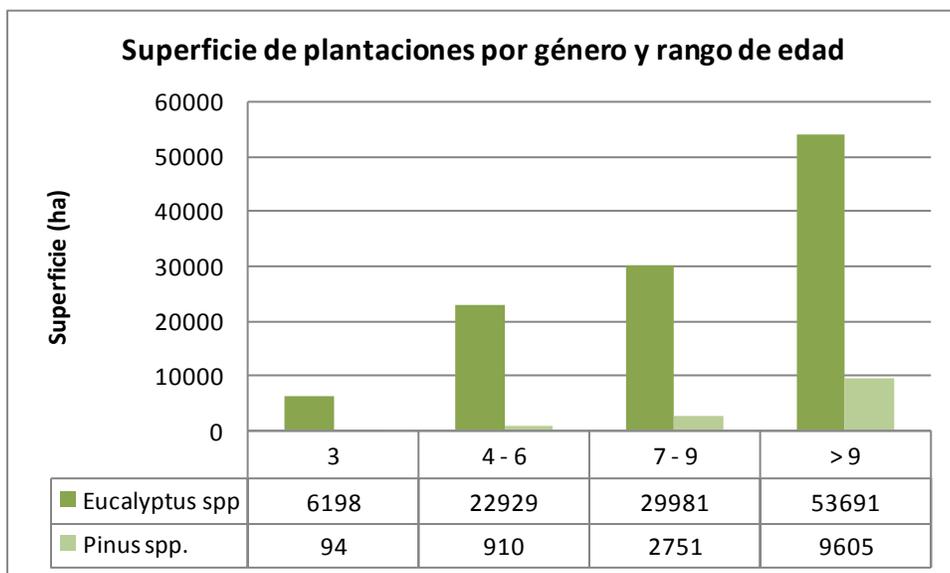


Fig. 3. Superficie total de plantaciones en hectárea (ha) de Pinus spp. y Eucalyptus spp. según rangos de edad.

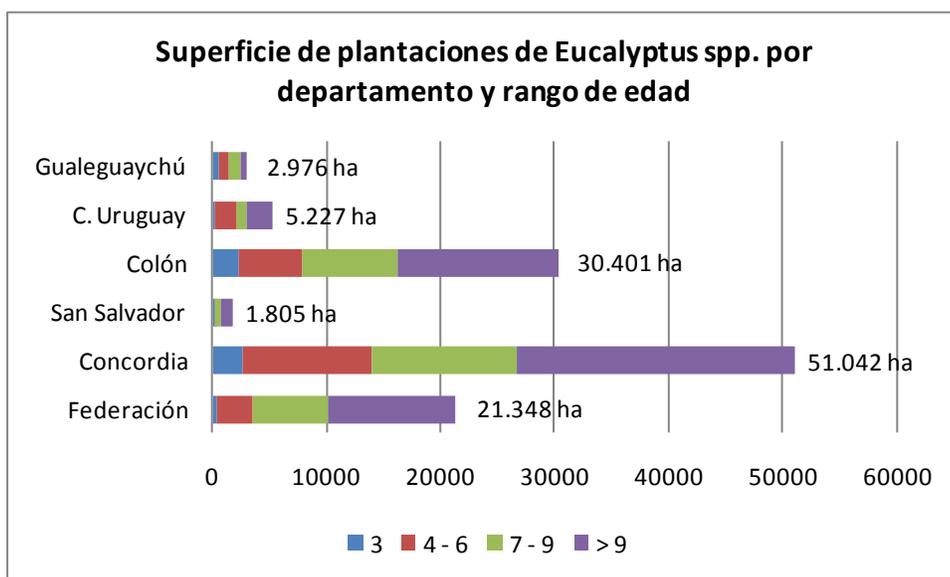


Fig. 4. Superficie total de plantaciones en hectárea (ha) por departamento y rango de edad.

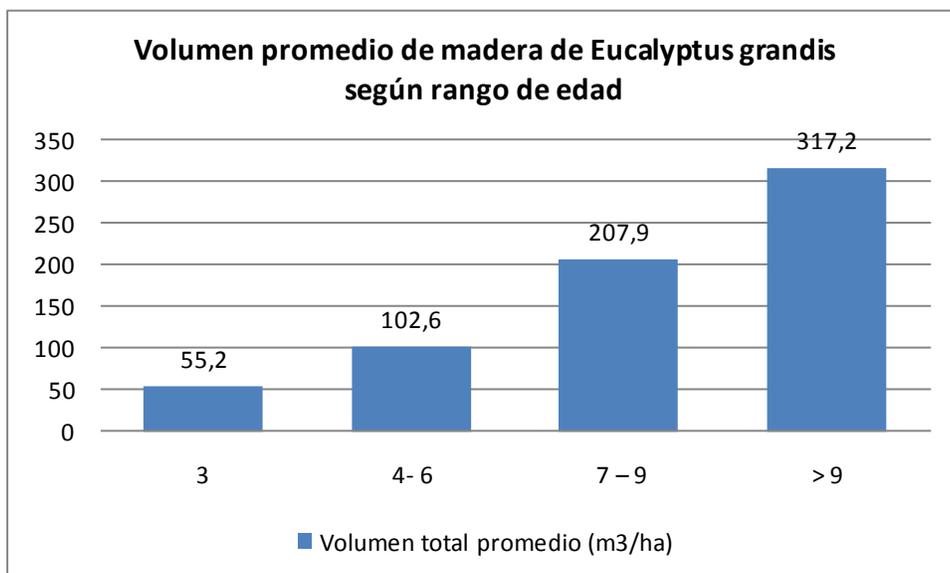


Fig. 5. Volumen medio por hectárea (m^3/ha) de plantación de *Eucalyptus grandis* según rangos de edad.

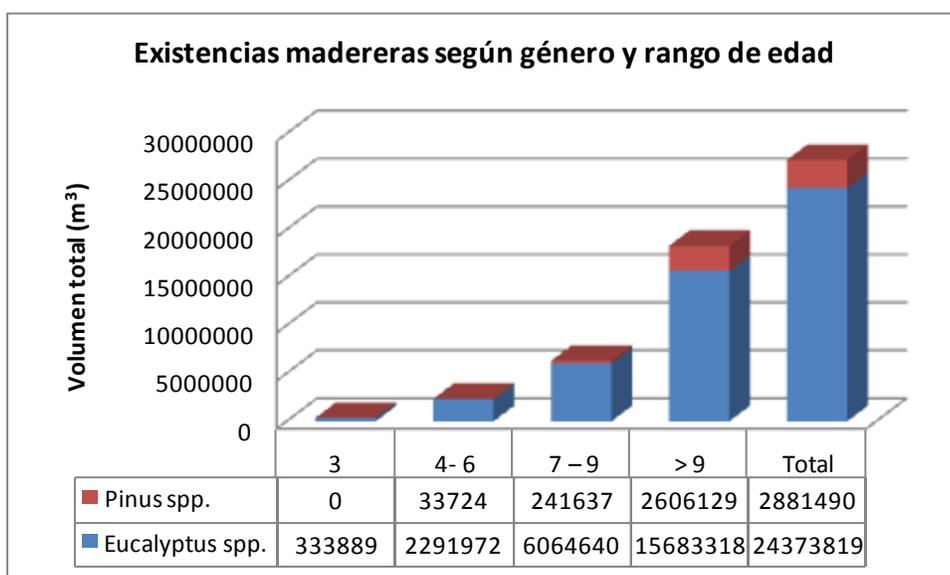


Fig. 6. Volumen total acumulado (m^3) de madera de plantaciones de *Pinus spp.* y *Eucalyptus spp.* y según rangos de edad.

3. INTRODUCCIÓN

El inventario forestal del área continental de la provincia de Entre Ríos representa un paso adelante respecto de las estimaciones de la superficie ocupada por plantaciones forestales (Mapa de Plantaciones Forestales - MPF) que vienen siendo realizadas desde el año 2009 por el área SIG e Inventario Forestal de la Dirección de Producción Forestal (DPF) del Ministerio de Agroindustria de la Nación. A la información de superficie implantada que puede obtenerse a partir de dicho Mapa, se suman como objetivos la estimación del volumen de madera total y comercial por grupo de especies y edades, y el desarrollo de una estrategia de actualización permanente de la información.

Con la experiencia de haber participado en el primer inventario nacional de bosques implantados (1998-2000) y colaborado con varias provincias en sus inventarios provinciales, la Dirección de Producción Forestal ha impulsado y está llevando adelante, desde el año 2014, inventarios en varias regiones del país con distinto grado de avance (Cuyo, Patagonia, Delta, Parque Chaqueño, NOA y Centro).

En este marco, desde el Ministerio de Agroindustria de la Nación se ejecuta el programa de “Sustentabilidad y Competitividad Forestal (OC/AR 2853)”, con un componente dedicado a la puesta en marcha y fortalecimiento de un sistema de Inventario Forestal Permanente, que constituye la plataforma para la concreción de los Inventarios en las distintas regiones y provincias de la República Argentina.

En el caso particular de Entre Ríos, a las capacidades técnicas y recursos tecnológicos con los que cuenta el Ministerio de Agroindustria, se ha sumado un equipo de profesionales de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata, que ha colaborado en la definición de la metodología y diseño del inventario como así también en el procesamiento y análisis de la información relevada.

El presente trabajo contiene los resultados finales para el área continental de la provincia de Entre Ríos producto del muestreo a campo realizado entre 2015 y 2016 en los Departamentos Colón, Concordia, Concepción del Uruguay, Federación, Gualeguaychú y San Salvador.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

Información cartográfica utilizada para el diseño del Inventario

La información cartográfica que indica la localización y superficie de los rodales plantados así como el material genético utilizado y el año de plantación, representa el insumo

básico para el diseño del inventario. El proceso de revisión de las áreas forestadas se llevó a cabo sobre la base de la información cartográfica disponible en el Área de SIG e Inventario Forestal de la DPF. Además, se utilizaron imágenes satelitales de alta resolución espacial con fechas de toma de los años 2015 y 2016 para corroborar el estado de los lotes registrados en el marco de la ley de promoción forestal nacional (25.080 y su prórroga 26.432) e incorporar macizos forestales no registrados pero factibles de identificar y delimitar a partir de las imágenes. También se contó como insumo para la elaboración de la base cartográfica con los servidores de mapas Web (Google earth, Bing Maps) y con cartografía digital cedida por empresas y productores de la región.

Diseño del muestreo

Se utilizó un diseño estratificado en virtud de factores productivos y ambientales existentes en el área de estudio.

Se estableció inicialmente como criterio ambiental y productivo para la estratificación, la clasificación de suelos elaborada en conjunto por el INTA y la Provincia de Entre Ríos en el año 2005. Esta clasificación separa claramente el área deltaica del área continental, áreas con marcadas diferencias en cuanto a las especies plantadas y el destino de las plantaciones. Dentro del área continental, las plantaciones se encuentran ubicadas sobre Entisoles, Molisoles y en mucho menor medida, sobre Vertisoles. Los órdenes antes citados, presentan a priori diferencias en su capacidad productiva forestal por lo que constituyen las tres categorías consideradas a nivel de suelos como criterios de estratificación para el diseño del inventario.

Además de los suelos, se tomaron en cuenta las especies o grupos taxonómicos presentes en el universo de rodales identificados y la edad de los mismos.

De acuerdo con el diseño adoptado, los estratos muestreados fueron:

- 1) Especies o grupos taxonómicos:
 - a) *Eucalyptus grandis* + otros *Eucalyptus* e híbridos
 - b) *Eucalyptus dunnii*
 - c) *Pinus taeda* + otros *Pinus*
- 2) Edades
 - a) 3 años
 - b) de 4 a 6 años
 - c) de 7 a 9 años
 - d) mayores a 9 años (hasta 15 años de edad)

- 3) Orden de suelo:
- a) Molisoles
 - b) Entisoles
 - c) Vertisoles

Selección de rodales

El número de rodales seleccionados para muestrear fue proporcional al área ocupada por cada especie en cada suelo y en cada clase de edad. La unidad de muestreo estuvo representada por la observación realizada en un rodal dado a través de una parcela circular de 500 m², o dos, en los casos de baja densidad (menos de 10 árboles/parcela). Los rodales se tomaron aleatoriamente de la base de datos, de manera proporcional al área ocupada por cada estrato resultante de la combinación de todos los criterios de estratificación (Especie o grupo taxonómico, suelo y edad).

El tamaño de la muestra (número de rodales a seleccionar - n) para el error admisible establecido (10%) se calculó utilizando información disponible para plantaciones de diferentes edades, instaladas sobre suelos correspondientes a los órdenes entisoles y molisoles de los Departamentos de Colón, Concordia y Federación (Sandoval, Comunicación Personal, 2017). Se utilizaron conjuntamente los rodales de diferentes suelos para estimar el número de unidades muestrales requeridas en cada estrato de edad por no disponer del número de rodales suficiente para llevar a cabo ese procedimiento en cada estrato de edad y suelo por separado.

De esa manera, se supuso la misma variabilidad para todos los estratos resultantes de la combinación de edades en ese grupo de especies e híbridos con los criterios de estratificación por suelos. El cálculo de n se realizó sobre la base de la fórmula del error del inventario para un muestreo aleatorio simple.

$$\text{Error}\% = 100 \cdot (t \cdot s / \sqrt{n}) / \bar{y}$$

Donde: t es el valor del estadístico de Student para $n-1$ grados de libertad y 95% de confianza, s es el desvío estándar muestral; \bar{y} es la media muestral (promedio), n es número de rodales para cada estrato de edad.

En cada rodal se dispuso de tres puntos alternativos de muestreo para el establecimiento de la parcela (Fig. 7).



Fig. 7. Cartografía con detalle de rodales y puntos alternativos de muestreo.

Mediciones a campo

Se registró información tanto a nivel de rodal como a nivel de árbol individual. A nivel del rodal se registró información como densidad (distanciamiento), origen del material, edad local, especie, manejo silvícola aplicado (podas y/o raleos) y aspectos sanitarios. A nivel individual se evaluaron:

- Diámetro a la altura del pecho (DAP): En caso de haber más de un fuste, se midió el DAP de cada uno de ellos, indicando que pertenecían al mismo individuo (caso de los rebrotes).
- Altura total (H): Se midió en la mitad de los individuos presentes en la parcela (intensidad del 50%).
- Poda: En caso de ser selectiva se registró a nivel de árbol (caso de las podas altas).
- Forma: Se evaluó la forma del medio superior y del medio inferior de cada individuo, estableciendo el punto medio por estimación visual. Además se registró si aparecían defectos de forma en la primer troza comercial (4,10 m). Los defectos considerados fueron combado, bifurcado, quebrado, ramoso e inclinado.

Estimación del volumen

A partir del diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura total (H) de los árboles registrados en las parcelas se estimó el volumen individual total mediante ecuaciones de volumen y luego se calculó el volumen por ha (m^3/ha).

Se realizaron cálculos evaluando distintas ecuaciones presentadas por Maggio y Cellini (2016), resultando diferencias en los volúmenes calculados a nivel del rodal menores al 3%.

Por consiguiente, para el cálculo del volumen total con corteza a nivel de árbol se utilizó una función desarrollada por Fassola *et al.* (2007), con los coeficientes correspondientes a *Pinus taeda* (A) y *Eucalyptus grandis* (B).

$$\ln V [m^3] = (a + b \times \ln DAP + c \times (\ln DAP^2) + d \times (\ln H)^2) \times e$$

$$V [m^3] = EXP (a + b * \ln(DAP[cm]) + c * \ln(DAP[cm]^2) + d * \ln (H[m]^2) * e)$$

$$A) a = -9,52453; b = 2,42573; c = -0,07546; d = 0,19513; e = 1,00364003$$

$$B) a = -10,3487; b = 3,14561; c = -0,18246; d = 0,145388; e = 1,003442$$

En este trabajo, el volumen promedio se calculó para todas las plantaciones del género *Eucalyptus* como un grupo y las del género *Pinus* como otro grupo. Se presentan los promedios y errores para cada clase de edad en cada grupo sin diferenciar el orden de suelo para el cálculo de errores. El error dentro de cada estrato fue calculado mediante:

$$\text{Error}\% = 100. (t \cdot s / \sqrt{n}) / \bar{y}$$

Donde: **t** es el valor del estadístico de Student para n-1 grados de libertad y 95% de confianza, **s** es el desvío estándar muestral; **y** es la media muestral (promedio), **n** es número de rodales para cada estrato de edad.

El cálculo del volumen promedio para cada grupo de especies se realizó siguiendo las fórmulas de cálculo habituales del muestreo estratificado (Kangas y Maltamo 2006).

$$\hat{y}_{str} = \sum_{h=1}^3 W_h \hat{y}_h \quad S_{\hat{y}_{str}} = \sqrt{\sum_{h=1}^3 W_h^2 \text{var}(\hat{y}_h)}$$

Estimación de volúmenes discriminado por productos

Sobre la base de las dimensiones indicadas por Mastrandrea *et al.* (2014) para diferentes productos se estimó el rendimiento promedio de éstos por hectárea para rodales de *Eucalyptus grandis* en cada clase de edad.

Los productos definidos fueron trozas aserrables de 3,5 m de longitud con un diámetro mínimo en punta fina de 12 cm, sin discriminar en las categorías de calidad indicadas por Mastandrea *et al.* (2014). Se consideraron pulpables a las trozas hasta 2,4 m de longitud con un diámetro mínimo en punta fina de 8 cm.

El cálculo de los volúmenes se llevó a cabo utilizando una función de diámetro a diferentes alturas presentada por Fassola *et al.* (2007) para *Eucalyptus grandis* en la región Concordia-Monte Caseros. El modelo utilizado fue el polinomio grado n que brindó resultados muy similares a los de la función de Glade y Friedl (1988).

$$d = (a + b * (hpcf/ht)^{0.005} + \dots + n * (hpcf/ht)^{25}) * dap$$

Donde: **dap** = diámetro a la altura del pecho con corteza (cm); **ht** = altura total (m); **hpcf** = altura parcial de corte (m); **ai, bi...ni** = coeficientes de los modelos; **ln** = logaritmo natural; exponentes polinomio grado n utilizados = 0,005; 0,09; 0,08; 0,07; 0,06; 0,05; 0,04; 0,03; 0,02; 0,01; 0,9; 0,8; 0,7; 0,6; 0,5; 0,4; 0,3; 0,2; 0,1; 1; 2; 3; 4; 5; 10; 15; 20 y 25.

A partir de los diámetros inferior y superior de cada troza determinados por ese modelo se calculó el volumen aplicando la fórmula de Smalian (Husch *et al.* 1982).

$$V = \left(\frac{(\frac{\pi}{4} \times DM^2) + (\frac{\pi}{4} \times Dm^2)}{2} \times L \right)$$

Donde: **V** es el volumen de la troza (m³r), **DM** es el diámetro mayor de la troza (m), **Dm** es el diámetro menor de la troza (m), **L** es la longitud (m) y π es la constante 3,1416.

Uso de imágenes satelitales para estimar la edad de las plantaciones. Efecto sobre el error e incidencia en los volúmenes estimados

Se evaluó si el error del inventario calculado solamente sobre la base de los resultados del muestreo indicados en el apartado anterior podían mejorarse mediante la aplicación de imágenes satelitales. Con esa finalidad, se utilizó un modelo para estimar la edad de rodales de

Eucalyptus grandis sobre la base de un análisis espectral de imágenes LANDSAT 8. El modelo fue desarrollado por Sandoval *et al.* (2017) a partir de rodales del Dpto. Colón con imágenes obtenidas entre 2013 y 2015; las variables independientes fueron las bandas 3 y 6 de esas imágenes y los índices MSAVI y NBR2. Esas variables resultaron estables a través de diferentes fechas de las imágenes y, en consecuencia, adecuadas para estimaciones en fechas en las que no se dispone de mediciones de campo.

La estimación de la edad del rodal resulta de las variaciones en su respuesta espectral a medida que su estructura va cambiando, a lo largo del ciclo de crecimiento. La edad estimada puede resultar mayor o menor que la edad del rodal si su desarrollo estructural es mayor o menor que el esperado para un rodal promedio de su edad o su clase de edad. En el muestreo estratificado por clases de edad, el volumen esperado para un rodal dado es la media correspondiente a su clase de edad. Con la aplicación del modelo, la diferencia entre la edad del rodal y la estimada por la imagen, puede resultar en una mejora en la estimación del volumen. Esa diferencia podría relacionarse con la diferencia entre el desarrollo estructural de un rodal y el correspondiente a un rodal promedio de su clase de edad. En consecuencia, la diferencia entre la edad del rodal y la edad estimada podría resultar en una reducción del error de muestreo en las estimaciones de volúmenes y ser utilizado en actualizaciones a partir de un menor número de parcelas relevadas a campo.

Para poner a prueba la efectividad de las estimaciones por imágenes en la reducción del error se aplicó el modelo sobre 142 rodales de *Eucalyptus grandis* a partir de los que se calculó un modelo de regresión, en el que la variable dependiente fue el volumen total del rodal y las variables predictoras fueron el volumen promedio de la clase de edad a la que el rodal pertenece y la diferencia entre la edad del rodal y la edad estimada por la imagen. La diferencia entre el volumen de cada rodal y el estimado por ese modelo de regresión fue utilizada para calcular el error de la estimación siguiendo las fórmulas indicadas para un estimador de razón (Kangas y Maltamo, 2006) ya que la relación esperada entre ambos volúmenes es una recta con pendiente igual a "1" y ordenada al origen "0".

$$\text{var}(\hat{y}_{rat}) \equiv \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - rx_i)^2}{n(n-1)}.$$

Donde "r" es el cociente entre la media del volumen de las parcelas y la media de la edad estimada a partir de la imagen.

Para simular la aplicación de este modelo en una actualización del inventario con bajo esfuerzo de campo se tomaron 6 rodales al azar en cada clase de edad y se calcularon la media y el error con y sin la aplicación del modelo. Este procedimiento se repitió 1000 veces.

Estimación de volúmenes basada solamente en la edad determinada por imágenes

Para evaluar la eficiencia del modelo de estimación de la edad por imágenes, en la estimación del volumen de los rodales se calculó un modelo de regresión del volumen total a nivel del rodal sobre la edad estimada por la imagen. A partir de los valores estimados por ese modelo se recalculó la media y el error del inventario como los correspondientes a un estimador de razón así como la media estimada para cada clase de edad.

A partir de las edades estimadas por la imagen para cada rodal se calcularon la distribución del número de rodales por clase de edad y se comparó con la distribución observada con la finalidad de evaluar el ajuste entre una estimación del área plantada por clase de edad estimada sobre la base de las imágenes.

5. RESULTADOS

Se analizaron un total de 275 rodales (Tabla 1) de los cuales más del 70% correspondieron a plantaciones de más de seis años de edad. Tanto el volumen como el área basal promedio por hectárea fueron altamente variables aún entre rodales de edad similar (Figs. 8 y 9).

Tabla 1. Número de rodales analizados por Departamento y grupo de especies.

| Departamento | Especie | Clase de edad (años) | | | | Total |
|---------------|-------------------------------------|----------------------|-----|-----|----|-------|
| | | 3 | 4-6 | 7-9 | >9 | |
| Colón | <i>Eucalyptus (grandis + otros)</i> | 3 | 25 | 33 | 19 | 80 |
| | <i>Pinus spp.</i> | | | | 4 | 4 |
| Concordia | <i>Eucalyptus (grandis + otros)</i> | 15 | 18 | 42 | 30 | 105 |
| | <i>Pinus spp.</i> | | 2 | 6 | 11 | 19 |
| Federación | <i>Eucalyptus (grandis + otros)</i> | 2 | 7 | 19 | 11 | 39 |
| Gualectuaychú | <i>Eucalyptus (grandis + otros)</i> | 2 | 1 | 2 | 3 | 8 |
| | <i>Pinus spp.</i> | | | | 1 | 1 |
| San Salvador | <i>Eucalyptus (grandis + otros)</i> | 4 | 1 | 1 | 2 | 8 |
| Uruguay | <i>Eucalyptus (grandis + otros)</i> | 3 | 3 | 3 | 1 | 10 |
| | <i>Pinus spp.</i> | | | | 1 | 1 |

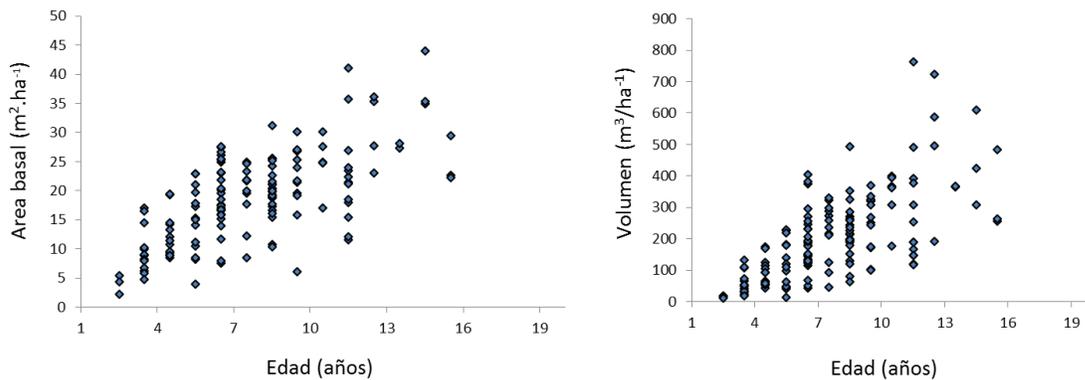


Fig. 8. Área basal y volumen en función de la edad del rodal para el grupo *Eucalyptus* spp.

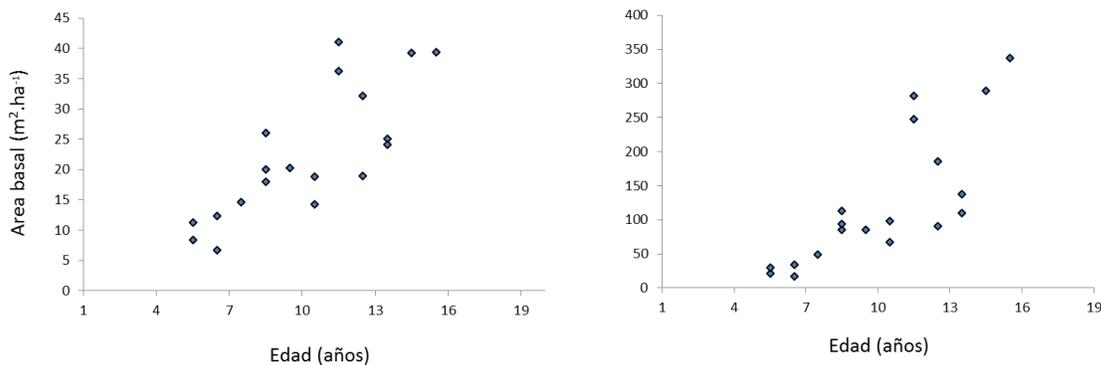


Fig. 9. Área basal y volumen en función de la edad del rodal para el grupo *Pinus* spp.

La variabilidad del volumen estuvo asociada, en parte, a variaciones de la altura media del rodal así como a diferencias en la densidad de árboles por ha (Fig. 4). Los valores máximos de volumen correspondieron a las alturas medias superiores a los 25 m aunque aún los rodales con esas alturas medias presentaron una amplia variación en volumen. La relación entre el volumen y la densidad indicaron que los máximos volúmenes correspondieron a rodales con densidades entre 500 y 1000 árboles por hectárea. En consecuencia, los rodales de mayor volumen presentaron alturas medias mayores de 25 m y densidades entre 500 y 1000 árboles por hectárea. Las diferencias de altura que incidieron sobre los volúmenes a nivel del rodal son debidas tanto a diferencias de material genético como a condiciones de sitio. En tanto, las diferencias en la densidad de árboles por hectárea pueden estar relacionadas con diferencias de manejo así como con fallas por diferentes causas.

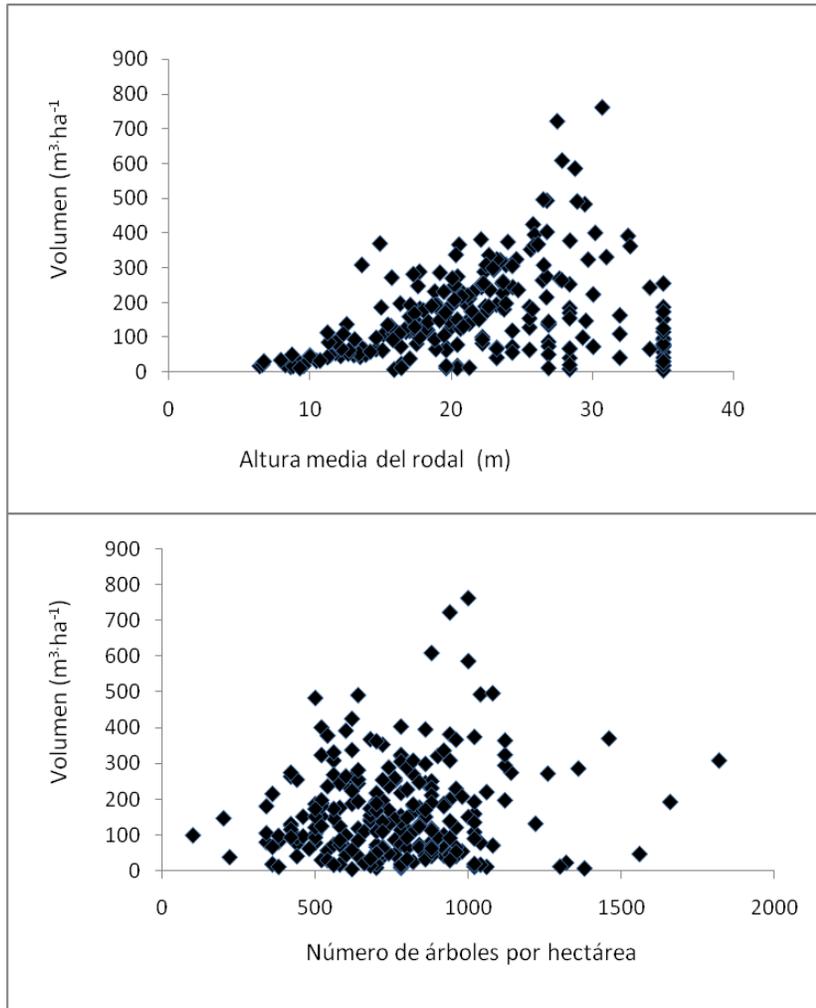


Fig. 10. Volumen a nivel del rodal en función de la altura media y la densidad de los rodales en *Eucalyptus spp* y *Pinus spp*.

Debido a que la inclusión del orden de suelo como criterio de estratificación no contribuyó a reducir los errores de estimación, el cálculo de dicho error se llevó a cabo con la edad como criterio de estratificación y por separado para cada especie o grupo de especies. A pesar de la alta variabilidad, el error de las estimaciones del volumen promedio para *Eucalyptus grandis* así como para el grupo *Eucalyptus spp*. resultó inferior a 10% indicando que la muestra representa un resultado consistente para la especie de mayor área plantada. Para *Pinus spp*. ese error resultó mayor de 20% indicando que para esta especie el esfuerzo de muestreo debería ser mayor si resultase de interés particular, dado que esta especie ocupa

alrededor de 10% del área plantada. Sobre la base de las estimaciones actuales sería necesario relevar entre 70 y 80 unidades de muestreo para aproximarse a un error de 10%. El volumen medio de las plantaciones de *Pinus spp.* no fue estimado dado que por su reducida área (menos de 100 ha), en el esquema de muestreo utilizado, el número de unidades muestrales asignadas resultó menor a 1.

Tabla 2. Volumen promedio (m^3/ha) y error por clase de edad para la estimación de la media total del muestreo estratificado. nm: no muestreada.

| Edad (años) | <i>Eucalyptus spp.</i> | error | <i>Pinus spp.</i> | error % |
|-------------|------------------------|-------|-------------------|---------|
| 3 | 54,7 | 17,9 | nm | nm |
| 4- 6 | 101,5 | 36,0 | 37,1 | 35,2 |
| 7 – 9 | 205,4 | 7,4 | 87,9 | 43,4 |
| > 9 | 296,6 | 11,5 | 271,5 | 29,2 |
| Total | 189,1 | 8,4 | 208,7 | 22,8 |

Tabla 3. Volumen promedio (m^3/ha) y error por clase de edad para la estimación de la media total del muestreo estratificado para *Eucalyptus grandis*.

| Edad (años) | Media (m^3/ha) | error % |
|-------------|--------------------|---------|
| 3 | 55,2 | 17,9 |
| 4- 6 | 102,6 | 36,0 |
| 7 - 9 | 207,9 | 7,4 |
| > 9 | 317,2 | 11,5 |
| Total | 222,8 | 7,3 |

El área plantada con *Eucalyptus spp.* y *Pinus spp.* actualizada por la cartografía de la DPF es de 131.600 ha de las cuales el 60% cuenta con información sobre el año de plantación (Tabla 4). Los rodales con 3 o más años representan 126.158 ha de las cuales el 96% se encuentra en los Departamentos inventariados y aproximadamente el 90% corresponde a los Departamentos Colón, Concordia y Federación. Dicha área se encuentra distribuida por especies en un 90% especies del genero *Eucalyptus* y 10% a especies del género *Pinus*. Los cálculos del total de volumen existente y por clase de edad se realizaron sobre la base de esas áreas con información disponible y fueron luego expandidos a toda el área plantada con

Eucalyptus o *Pinus* suponiendo que las áreas de edad desconocida presentaban la misma distribución de superficie por clase de edad que las áreas con información (Tabla 5).

Tabla 4. Área plantada (ha) con *Eucalyptus* y *Pinus*.

| Especie - Género | Area (ha) | % | Area expandida (ha) |
|---------------------------|-----------|-------|---------------------|
| <i>Eucalyptus grandis</i> | 56435 | 70,6 | 89029 |
| Otros <i>Eucalyptus</i> | 15066 | 18,8 | 23769 |
| <i>Pinus spp.</i> | 8469 | 10,6 | 13360 |
| Total | 79970 | 100,0 | 126158 |

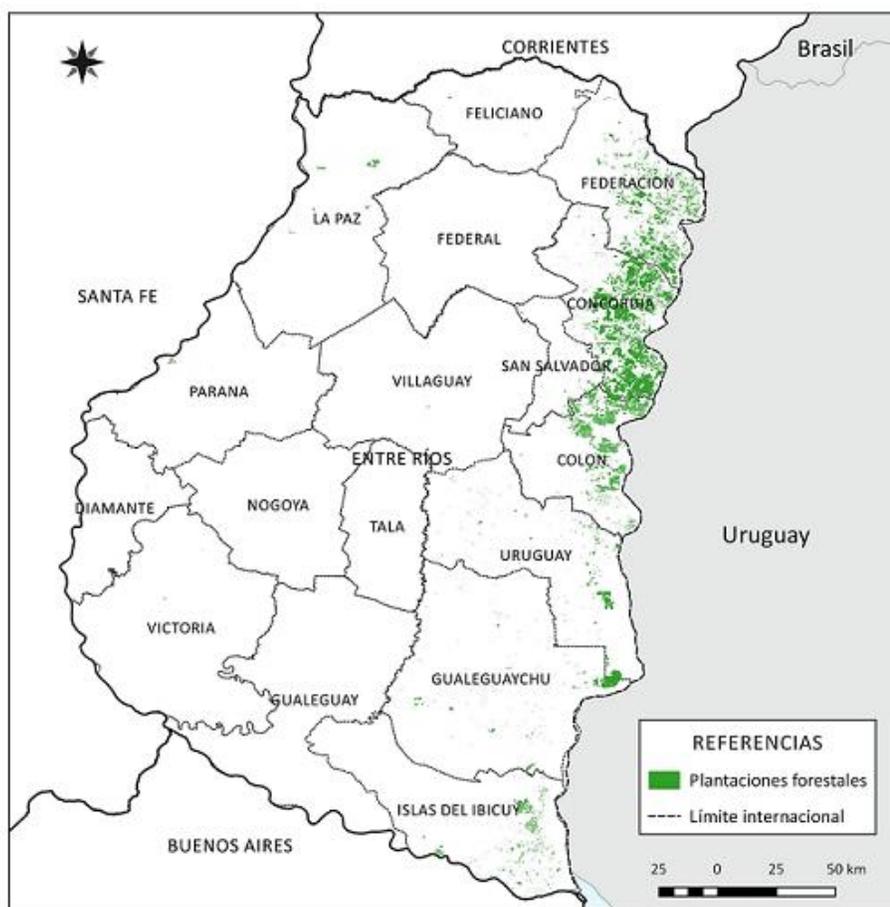


Fig. 11. Distribución espacial de las plantaciones forestales en los deptos. inventariados.

Tabla 5. Área plantada (ha) por clase de edad en los Departamentos inventariados.

| Clase de edad (años) | <i>Eucalyptus (grandis + otros)</i> | <i>Pinus</i> |
|----------------------|-------------------------------------|--------------|
| 3 | 6198 | 94 |
| 4 - 6 | 22929 | 910 |
| 7 - 9 | 29980 | 2751 |
| > 9 | 53691 | 9605 |
| Total | 112798 | 13360 |

Tabla 6. Volumen (m^3) por clase de edad y total para toda el área plantada en los departamentos inventariados.

| Clase de edad (años) | <i>Eucalyptus (grandis + otros)</i> | <i>Pinus</i> |
|----------------------|-------------------------------------|--------------|
| 3 | 333889 | 0 |
| 4- 6 | 2291972 | 33724 |
| 7 – 9 | 6064640 | 241637 |
| > 9 | 15683318 | 2606129 |
| Total | 24373819 | 2881490 |

Tabla 7. Volumen (m^3) de *Eucalyptus grandis* por clase de edad y total para toda el área plantada.

| Clase de edad | Volumen (m^3) |
|---------------|-------------------|
| 3 | 237880 |
| 4- 6 | 1635668 |
| 7 – 9 | 4333750 |
| > 9 | 11841445 |
| Total | 18048743 |

Estimación del volumen de *Eucalyptus grandis* asistida por imágenes

El modelo de regresión basado en el volumen promedio de cada clase de edad y la diferencia entre la edad del rodal y la estimada por la imagen indicó un efecto significativo de ambas variables independientes y un ajuste de $R^2=0.63$ (Tabla 8, Fig. 12).

Tabla 8. Ajuste del modelo de predicción de la edad a partir del volumen medio por clase de edad y la corrección por la imagen.

| Parámetro | Valor estimado | P |
|--------------------------------------|----------------|---------|
| Ordenada al origen | 5,67 | <0,0001 |
| Efecto de la media del estrato | 0,04 | <0,0001 |
| Efecto de la diferencia entre edades | 0,61 | <0,0001 |

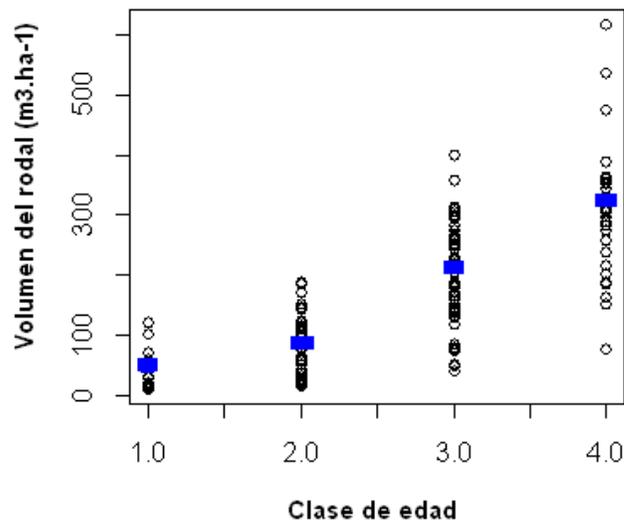


Fig. 12. Volumen de cada rodal por clase de edad (círculos negros) y media del estrato (líneas azules).

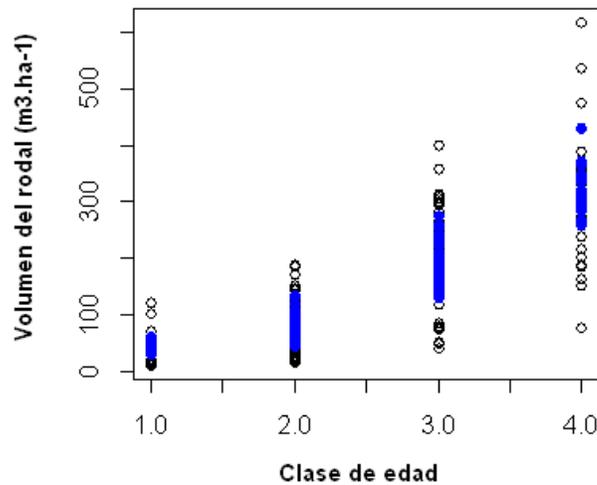


Fig. 13. Volumen de cada rodal por clase de edad (círculos negros) y ajustados por la diferencia entre la edad del rodal y la estimada por la imagen (círculos azules).

La media total obtenida mediante la corrección por imagen difirió en menos de 1% respecto de la media del inventario y el error de la media se redujo en sólo 0,3% (Fig. 13). Al tomar 10 rodales aleatoriamente por clase de edad el error de la estimación de la media del muestreo estratificado osciló entre 7 y 27% encontrándose el 90% de las simulaciones entre 11 y 23%. La utilización de la corrección por la estimación de la edad a partir de las imágenes no contribuyó a una reducción consistente de ese error. Al simular un muestreo con 10 rodales por clase de edad el error, sin corrección por imagen, osciló entre 11 y 20% con el 90% de las simulaciones entre 10 y 17%.

Estimación del volumen a partir de la edad obtenida con el uso de imágenes

Los volúmenes estimados a partir de la edad obtenida por medio del uso de imágenes arrojaron un error de la media de 8,6%, resultando aproximadamente 1% superior respecto del error del inventario. Las medias por estrato resultaron aceptablemente comparables a las obtenidas en el inventario así como las distribuciones del número de rodales por clase de edad, obtenidas con el dato del inventario y con la edad estimada (Tabla 9). Dichos resultados indican que este procedimiento es adecuado para la estimación de volúmenes y distribución del área plantada por clases de edad, cuando no se cuenta con el dato de edad. Por lo tanto, resulta una herramienta aplicable en futuras actualizaciones a partir del empleo de nuevas imágenes satelitales.

Tabla. 9. Número de rodales por clase de edad determinados sobre la base de su edad conocida (inventario) y la edad estimada por imágenes, y volumen medio por clase de edad determinado por el inventario y estimado sobre la base de la relación volumen/edad estimada.

| Clase de edad (años) | Número de rodales | | Volumen medio (m ³ /ha) | |
|----------------------|-------------------|-----------|------------------------------------|----------|
| | Inventario | Estimados | Inventario | Estimado |
| 3 | 17 | 17 | 43.6 | 55.1 |
| 4 - 6 | 34 | 42 | 86.2 | 124.6 |
| 7 - 9 | 63 | 65 | 206.1 | 197.1 |
| > 9 | 33 | 23 | 298.5 | 273.3 |
| Total | 147 | 147 | 253.7 | 238.6 |

Forma, defectos y origen de las forestaciones

El 53% de los rodales de *Eucalyptus spp.* presentaron menos de 20% de árboles con muchos defectos mientras que en el 47% restante el porcentaje de árboles con muchos defectos varió entre 20 y más de 60%. De aproximadamente 10.500 árboles medidos, el 50% estuvo libre de defectos, el 40% presentó defectos leves a medianos y el 10% defectos graves. Tanto en la sección inferior como superior el defecto más frecuente fue el combado con un porcentaje cercano al 75% de los casos. Alrededor del 89% de los árboles presentaron la primera troza (hasta 4,2 m de altura) libre de defectos, siendo el combado el defecto más frecuente. En términos de volumen, los árboles libres de defectos representaron el 61%, aquellos con defectos leves a medianos el 32% y los muy defectuosos el 7% restante.

Los mayores porcentajes de árboles con muchos defectos se observaron en el Departamento Uruguay -25%-, aunque este Departamento presenta menos del 5% del área plantada. Colón y Concordia, que acumulan alrededor del 75% del área plantada, presentaron 3% y 13% respectivamente.

El volumen de los rodales de *Eucalyptus spp.* regenerados por rebrote de cepa resultó algo mayor que en los rodales replantados para edades jóvenes pero inferior en edades mayores de 9 años (Fig. 14)

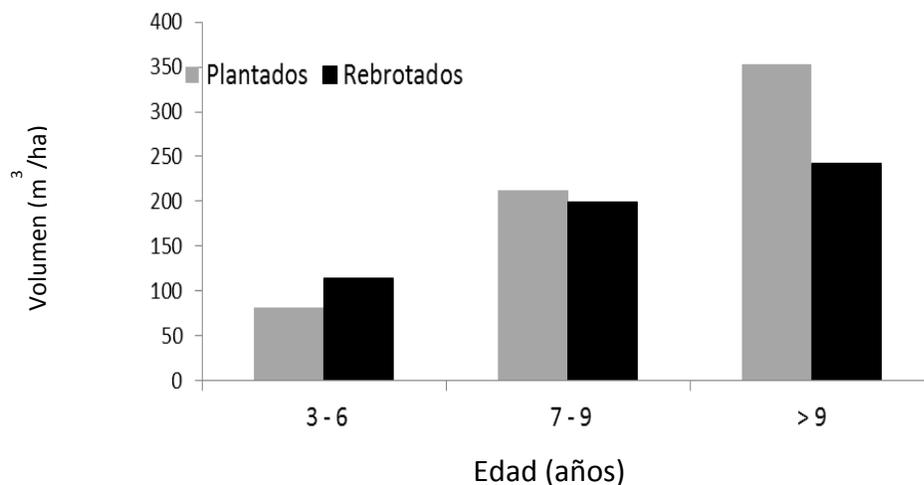


Fig. 14. Volumen en diferentes clases de edad para rodales de *Eucalyptus* spp. en rodales plantados o rebrotados.

Volumen discriminado por productos

El volumen correspondiente a madera aserrable representó aproximadamente el 50% del volumen total en los rodales de *Eucalyptus grandis* mayores de 9 años de edad (Tabla 10). Al considerar sólo árboles libres de defectos esa proporción fue de aproximadamente 33%.

Para un árbol de 30 cm de DAP y una altura de 35 m, la ecuación de volumen utilizada indicó un volumen total aproximado de 1 m³. En tanto el volumen aserrable más el volumen pulpable calculados a partir de la función diámetros a diferentes alturas, sumaron 0,6 m³. La diferencia entre ambos valores podría considerarse volumen no aprovechable con los destinos indicados pero debe tenerse en cuenta que provienen de modelos diferentes.

Los modelos utilizados tanto para el volumen total como para el volumen por productos no consideraron diferencias entre las distintas categorías de forma establecidas para el inventario. Resulta esperable que tanto el volumen total como el aprovechable resulten menores en árboles con defectos que en aquellos libres de defectos. Sin embargo, el impacto de esas diferencias podría ser reducido si se considera que el 61% del volumen estuvo representado por árboles libres de defecto y el 32% por árboles con defectos leves a medianos.

Tabla 10. Volumen por categoría de productos en cada clase de edad.

| Clase de edad (años) | Volumen aserrable (m ³ /ha) | Volumen aserrable proveniente de árboles sin defectos (m ³ /ha) | Volumen pulpable (m ³ /ha) | Volumen total (m ³ /ha) |
|-------------------------|---|--|--|---------------------------------------|
| 3 | | | 26,7 | 55,2 |
| 4- 6 | 40,9 | 21,3 | 12,0 | 102,6 |
| 7 – 9 | 99,4 | 57,2 | 13,6 | 207,9 |
| > 9 | 165,1 | 103,2 | 11,7 | 317,2 |

* El primer volumen aserrable indicado incluye árboles libres de defecto y árboles con defectos leves a moderados.

6. COMENTARIOS FINALES

La calidad de las estimaciones resultó aceptable indicando un esfuerzo de muestreo a campo suficiente. La alta proporción del volumen concentrado en las plantaciones mayores de seis años indica que el esfuerzo de muestreo podría estar orientado a producir estimaciones de calidad especialmente en esas clases. En el presente inventario, esas clases presentaron los errores más bajos para el grupo *Eucalyptus spp.* y para *Eucalyptus grandis*.

El uso de imágenes no reflejó una disminución del error de las estimaciones cuando se conoce la edad del rodal. Sin embargo, su empleo podría resultar de utilidad en la actualización del inventario combinando estimaciones a campo con el empleo de imágenes como variable auxiliar. Dado que la estimación de los volúmenes totales depende del área plantada, su distribución por clases de edad y el volumen promedio por clase de edad, resulta especialmente recomendable que, para las actualizaciones del inventario, se determine el área plantada en una serie anual de imágenes satelitales a lo largo de un período de tiempo que abarque aproximadamente un ciclo completo de crecimiento (12 a 15 años). De esa manera, podría obtenerse una estimación confiable del área plantada por clase de edad y concentrar el esfuerzo en la actualización y mejora de la estimación de los volúmenes medios por clases de edad mediante muestreo a campo.

7. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Elizondo, M.H. 2009. Primer Inventario Forestal de la provincia de Corrientes: Metodología, Trabajo de campo y Resultados.

Espósito, M. E.; Bedendo D. J.; Pausich, G. M.; Schulz G.; Naveira, C. A. 2012. Mapa de suelos de Entre Ríos. Acuerdo complementario del Convenio INTA - Gob. de Entre Ríos.

Fassola, H.; Crechi, E.; Keller, A.; Barth, S. & Costa, J. 2006. Funciones de volumen total para *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden implantado en el NE de la provincia de Entre Ríos, Argentina. 12as Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales – FCF, UNaM – EEA Montecarlo, INTA.

Fassola, H.E.; Crechi, E.; Keller, A. & Barth, S. 2007. Funciones de forma de exponente variable para la estimación de diámetros a distintas alturas en *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. Cultivado en la Mesopotamia Argentina. RIA, 36 (2): 109-128. Agosto 2007. INTA, Argentina.

Glade, J. & Frieid, R. 1988. Ecuaciones de volumen para *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden en el noreste de Entre Ríos. VI Congreso Forestal Argentino. Santiago del Estero. Tomo II. pp: 416-420.

Husch B, CI Miller & TW Beers. 1982. Forest mensuration. 3rd Edition. John Wiley & Sons. New York . 402 pp.

Kangas A, M Maltamo, 2006. Forest Inventory, Methodology and Applications. Berlin, Alemania. Springer. 362 pp

Maggio, A.D. & Cellini, J.M. 2016. Recopilación de Ecuaciones de Volumen y Biomasa de Especies Forestales de la República Argentina - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación.

Mastrandrea, Ciro Andrés; Flores, Mario & García, María de los Ángeles. 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, Vol. 11, Núm. 27 (2014).

Sandoval, M.D.; Arturi, M.; Goya J.; Plaza Behr, M. 2017. Estimación de la edad de plantaciones de *Eucalyptus grandis* a partir de imágenes satelitales LANDSAT 8. XXXI Jornadas Forestales de Entre Ríos, Concordia, Octubre de 2017.

8. APÉNDICES

Apéndice I - Áreas (ha) por grupos de especies y clases de edad para cada departamento inventariado

Eucalyptus spp.

| Departamento | Clases de edad (años) | | | | Total |
|--------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 3 | 4- 6 | 7 - 9 | > 9 | |
| Federación | 382 | 3134 | 6562 | 11270 | 21348 |
| Concordia | 2669 | 11370 | 12638 | 24365 | 51042 |
| San Salvador | 107 | 120 | 490 | 1088 | 1805 |
| Colón | 2245 | 5544 | 8495 | 14117 | 30401 |
| Uruguay | 245 | 1834 | 861 | 2287 | 5227 |
| Gualeguaychú | 550 | 927 | 935 | 564 | 2976 |

Pinus spp.

| Departamento | Clases de edad (años) | | | | Total |
|--------------|-----------------------|------|-------|------|-------|
| | 3 | 4- 6 | 7 - 9 | > 9 | |
| Federación | 0 | 0 | 142 | 585 | 727 |
| Concordia | 76 | 644 | 1712 | 5046 | 7478 |
| San Salvador | 0 | 0 | 12 | 49 | 61 |
| Colón | 18 | 55 | 847 | 2701 | 3621 |
| Uruguay | 0 | 211 | 35 | 433 | 679 |
| Gualeguaychú | 0 | 0 | 3 | 791 | 794 |

Apéndice II - Propuesta de actualización del inventario

La revisión del inventario tendrá la finalidad de controlar, mejorar y actualizar las estimaciones disponibles sobre áreas plantadas, distribuciones de edad y volúmenes promedio por clase de edad. La adecuada cuantificación de las áreas plantadas por especies y clase de edad representa un aspecto crítico en el inventario por su impacto sobre la estimación de volúmenes totales y por su dinamismo. Estas áreas y su distribución por edades van cambiando año tras año, pero los volúmenes promedio por clase de edad, presentan menor variación y sólo resulta esperable que se modifiquen como consecuencia de cambios en el manejo, en las características genéticas del material plantado o en la productividad de los sitios.

Con la finalidad de mantener actualizada la información respecto de áreas y volúmenes promedio se propone la aplicación de un diseño de rodales permanentes y rodales temporarios en los que se realicen estimaciones de densidad de árboles, altura media, área basal y volumen, además de registrar si fue repoblado por plantación o por rebrote, y la proporción de árboles libres de defectos. Las estimaciones realizadas en el presente inventario indicaron que, para *Eucalyptus grandis*, que representa algo más del 70% del área plantada, el uso de imágenes satelitales es adecuado para la actualización. En primer lugar, las imágenes no contribuyeron a reducir los errores de estimación de volumen a partir del muestreo a campo. Esto se debió principalmente a que la edad real del rodal representa el mejor estimador de su volumen en tanto que la corrección aportada por la imagen se encontró claramente subordinada. Sin embargo, el uso de la edad estimada por la imagen, utilizada como único estimador del volumen, permitiría una mejor estimación del volumen promedio por clase de edad. La diferencia entre ambos enfoques radica en que este último no utiliza datos de campo y, por lo tanto, no se ve afectado por restricciones asociadas con el tiempo y costo demandados por las mediciones a campo. En consecuencia, la posibilidad de contar con estimaciones para un alto número de rodales es lo que permite reducir apreciablemente el error. En ese enfoque, las mediciones de campo tendrían la finalidad de controlar los resultados de las estimaciones realizadas a partir de las imágenes. Las simulaciones de muestreo a partir de las parcelas del presente inventario indicaron que tomando 40 parcelas de *Eucalyptus grandis* se obtendrían estimaciones aceptables de los volúmenes promedio por clase de edad. A partir de esos resultados se propone: una metodología de actualización tendiente a conocer la dinámica de las áreas plantadas y su distribución por especie y mejorar las estimaciones de los volúmenes para *Eucalyptus grandis* y establecer un procedimiento específico para las restantes especies plantadas. Se plantea un esquema de actualización basado en el desarrollo de ciclos de tres años en los que se distribuye: Año 1: Establecimiento de rodales permanentes de *Eucalyptus grandis*, Año 2: análisis de imágenes LANDSAT y establecimiento de rodales temporarios de *Eucalyptus grandis*, Año 3 establecimiento de rodales temporarios de otras especies.

Rodales permanentes

Se seleccionarán 40 rodales de *Eucalyptus grandis* cuya fecha de plantación sea conocida sin error y representando la amplitud del área geográfica definida por los departamentos con más área plantada (Colón, Concordia y Federación). Se seleccionarán 10 rodales por clase de edad en los que se establecerán dos parcelas aleatorias de 500 m² en las que se llevará a cabo el muestreo definido para el presente inventario. Mediante el establecimiento de dos parcelas se pretende reducir el error del muestreo dentro de cada rodal y de esta manera lograr mayor confiabilidad en las sucesivas mediciones realizadas sobre estos rodales obteniendo valores de incremento periódico para las distintas clases de edad. La remediación se realizará tres años después de la medición inicial y en el caso de los rodales que hayan sido cosechados serán reemplazados por rodales de la clase de edad menor.

Determinación de área plantada con *Eucalyptus grandis* y distribución por clases de edad

Los resultados obtenidos en la estimación de distribución de edades, utilizando el procedimiento propuesto por Sandoval *et al.* (2017), sugieren que podría establecerse cada tres años el área plantada y la edad estimada, a partir del análisis de imágenes LANDSAT. El error de las estimaciones llevadas a cabo podría evaluarse a partir de la información disponible en la DPF así como de la proveniente de los rodales temporarios. Sin embargo, dada la importancia que presenta la determinación de la edad y el área en la estimación de las existencias, se propone explorar el análisis multitemporal de una serie anual de imágenes que permita determinar el momento de establecimiento y cosecha de cada rodal de manera automatizada. Este procedimiento requiere de la clasificación de las imágenes de cada año para identificar el área plantada por especie o grupo de especies. Resulta dificultosa la identificación del año de inicio de la plantación por lo que podría existir una incertidumbre inicial en la determinación de la edad que puede subsanarse mediante la suma de una constante equivalente al número de años requerido para que la plantación sea correctamente identificada a partir de la imagen. Por el contrario, el momento de cosecha se reconoce claramente en el análisis multitemporal debido al abrupto cambio en los valores de respuesta en distintas bandas espectrales. Este procedimiento representa el medio más idóneo para cuantificar las dos variables de mayor importancia para el inventario por lo que resulta la recomendación más destacada para mejorar y actualizar la estimación de los volúmenes disponibles.

Rodales temporarios

Se establecerán 40 rodales temporarios distribuidos en áreas donde no se disponga de información sobre la edad de plantación, y siguiendo una distribución aproximadamente uniforme respecto de los valores de edad estimados a partir de las imágenes satelitales. Estos serán muestreados siguiendo el mismo procedimiento que el utilizado para el presente inventario y se consignará el año de plantación a través de informantes locales. De esta manera, se dispondrá de la información necesaria para actualizar y mejorar las estimaciones de volúmenes promedio por clase de edad y evaluar el error de las estimaciones de edad por imagen.

Otras especies

Se requiere explorar las posibilidades de estimación de áreas y la determinación de clases de edad para otras especies de *Eucalyptus spp.* así como para *Pinus spp.* Sobre la base de esas estimaciones se propone establecer rodales temporarios que permitan mejorar las estimaciones de los volúmenes promedio por clase de edad y ajustar el número de unidades a muestrear así como la necesidad o no de establecer rodales permanentes.

Apéndice III - Procedimiento de trabajo en la parcela

Con la finalidad de establecer una metodología de trabajo en las parcelas de medición en función de los objetivos del inventario, se llevó a cabo un trabajo de campo durante los días 3 y 4 de diciembre de 2014. Esa actividad fue llevada a cabo por el Dr Arturi y sus colaboradores junto a personal de la DPF, quienes participaron en el ajuste de la metodología y se capacitaron en su ejecución. Estas actividades se desarrollaron en 4 rodales cercanos a la localidad de Ubajay, Departamento Colón, que fueron seleccionados durante el diseño del inventario. A continuación, se detalla la metodología validada en dicha oportunidad y aplicada luego en el relevamiento de los rodales muestreados a campo:

En cada rodal seleccionado para el muestro se dispuso de tres (3) puntos GPS alternativos que constituían centros de parcela dentro de cada rodal. Los mismos fueron previamente cargados en el dispositivo correspondiente y se seleccionó para el muestreo aquél que se encontraba más cerca de la posición actual, disponiendo de otros dos puntos alternativos para cubrir eventualidades en cuanto a accesibilidad y excesiva falta de árboles en pie.

En ese sitio se estableció una parcela circular de 500 m² (radio de 12,61 m). tomando como centro de parcela el punto indicado el GPS, sin desplazarse por ningún motivo. No debía desplazarse el punto en busca de un árbol como centro de parcela ni por tratarse de un sitio con muy baja densidad por fallas.

Es importante considerar que si la parcela incluía menos de 10 árboles correspondía establecer adicionalmente otra parcela en el mismo rodal (en el siguiente punto más cercano al actual), registrando los datos de ambas parcelas.

Identificación del rodal: es la identificación del polígono en la cartografía, campo "RECNO".

Identificación del punto GPS: es el nombre que recibe el punto tomado a campo, se utilizó el nombre del rodal seguido de la letra eme ("m"), indicado como muestreado. En caso de muestrear más de una parcela se indicó con "m1" y "m2".

Hora de inicio y finalización del relevamiento de la parcela: con el fin de estimar el tiempo promedio de trabajo efectivo en la parcela, para la planificación y logística.

Identificación del material plantado: Se identificó género, especie, híbrido o clon, con el mayor detalle posible.

Origen de la plantación: plantación o rebrote.

Edad: se consignaron datos obtenidos localmente, en la medida de lo posible.

Distanciamiento: indica la separación en metros entre líneas y árboles en la línea de la plantación original. Se tomaron las distancias entre los puntos medios de arboles correspondientes a filas y entre filas. En el caso de áreas incompletas por raleos o mortalidad, se buscó un sector con la configuración completa con la finalidad de consignar esta información. Las alternativas más frecuentes fueron: 3x3m, 4x2,5m, 4x3m y 2,9x2,9m.

Raleado: si o no.

Podado: si o no, indicando una altura estimada de poda. En caso de que existieran diferencias a nivel de árbol se registró el dato individuo por individuo.

Observaciones: se consignaron características del rodal que afectaran de manera general a su estructura. Por ejemplo: ocurrencia de incendios; daños generalizados por heladas, destino silvopastoril, extracción de resina, plantación mixta, entre otros.

Mediciones a nivel de árbol

Los registros de cada árbol en la parcela, se realizaron siguiendo el orden de aparición en un giro radial horario comenzando con rumbo N, los árboles fueron numerados temporariamente con tiza blanca para su control. El número escrito con tiza se colocó orientado hacia el centro de la parcela y con un tamaño suficiente como para ser visualizado por el planillero. Para definir si un árbol se encontraba o no dentro de la parcela se tomó en cuenta el punto medio de su diámetro basal en dirección al centro de parcela. Tomando como referencia ese punto se lo consideró árbol muestra sólo si la mitad o más de la base se hallaba dentro de la parcela.

Árbol Nº: en caso de rebrotes con varios fustes se repitió el número de árbol.

Diámetro a la altura del pecho (DAP): se midieron diámetros iguales o mayores a 5 cm con cinta diamétrica, en centímetros (cm) con un decimal. En caso de tener varios fustes, se registró el DAP de cada uno de ellos indicando el mismo número de árbol.

Altura total: se midió con hipsómetro digital (Vertex o Nikon), en metros (m) con un decimal. La altura total se registró árbol por árbol iniciando con el primero de la parcela para llegar al 50% de intensidad. En cada parcela se debían obtener datos de, al menos, 5 individuos. En el caso de que el árbol a medir presentaba varios fustes, se tomó la altura de cada fuste.

Podas aplicadas: 0 (sin poda), 1 o 2 (número de podas). La primera y segunda poda alcanzan aproximadamente 2,5m y 4,5m respectivamente.

Forma: la clasificación de la forma se realizó por separado para la mitad superior e inferior del árbol estableciendo el punto medio por estimación visual. A continuación se presentan imágenes con ejemplos de forma.



Medio superior e inferior rectos



Medio inferior combado

En la planilla se consignó para cada medio si presentaba forma “buena” (recto y no bifurcado) o “mala” (combado o ramoso o bifurcado). En la columna siguiente a la clasificación de indicó la clase de deformación (combado o ramoso o bifurcado). Si la mitad inferior del árbol se clasificaba con forma “mala” debía indicarse en la columna correspondiente si la deformación afectaba o no a la primera troza (desde la base del árbol hasta los 4,2m de altura estimados visualmente).

Observaciones: se utilizó para consignar la especie en caso de plantaciones mixtas o de especies arbóreas de al menos 5 cm de DAP.

Planilla de relevamiento (ejemplo)

| | | | | | |
|---------------|------------|---------------------|-------|------------------|-------|
| Fecha: | 11/02/2015 | Hora inicio: | 09:15 | Hora fin: | 10:05 |
|---------------|------------|---------------------|-------|------------------|-------|

Información a nivel de RODAL

| | |
|--|--------------------------------------|
| Superficie de la parcela: | 500 m ² (12,61m de radio) |
| Especie o material plantado: | E. grandis |
| Identificación rodal (cartografía): | 4074 |
| Identificación punto GPS: | 4074M |
| Edad (dato local): | 6 años |
| Origen (plantación / rebrote): | Rebrote |
| Distanciamiento de plantación: | 2 x 4,5m |
| Raleo (si / no): | No |
| Nro. de podas (0, 1, 2): | 1 |
| Observaciones: | |

Información a nivel de PARCELA

| Árbol Nro. | DAP (cm) | Altura total (m) | Podas | Forma medio superior | Deformación | Forma medio inferior | Deformación | Forma primera troza | Observaciones |
|------------|----------|------------------|-------|----------------------|-------------|----------------------|-------------|---------------------|---------------|
| 1 | 24,3 | 18,5 | 1 | M | combado | B | | B | |
| 1 | 7,3 | | 1 | M | bifurcado | M | bifurcado | B | |
| 2 | 12,8 | | 0 | M | ramoso | M | combado | M | |
| 3 | 12,4 | 8,2 | 1 | B | | B | | B | |