

Plantaciones de Eucaliptos y Pinos en los departamentos del este de Entre Ríos

Armando B. BRIZUELA^{1,2}, Sergio MILERA¹ y Javier MESTRES³

Abstract: *EUCALYPTUS AND PINE PLANTATIONS IN THE COUNTIES OF THE EAST OF ENTRE RÍOS.* The western margin of the Uruguay River in Entre Ríos province presents climatic and soil conditions favorable for the implantation of forestal species of great productivity like *Eucalyptus* and pine. Federación, Concordia, Colón, Uruguay and Gualeguaychú counties form the above mentioned area. By virtue of the great potential that the forest sector has, it tends to become a factor of development and growth for the whole state, for that reason the accurate knowledge on the location and quantification of the resource, as well as the availability of the information acquires state relevance. This work shows a method of update and follow-up forest dynamics using Landsat images 7 ETM+, from an evaluation of reference and a procedure of preparation of interactive maps of forest plantations. The categories were identified by photo-interpretation. Plantations were selected by their spectral pattern, were digitized and the statistics were obtained. The update was made using images of January of 2003 obtaining the area of plantations by category or felled plantations in that period for Federación, Concordia, San Salvador, Colón, Uruguay and Gualeguaychú counties.

Key words: Forest plantations- *Eucalyptus*-pine - Landsat 7

Palabras clave: Bosques - *Eucalyptus* - Pinos - Landsat 7

Introducción

La superficie implantada con especies forestales sufre año tras año sensibles variaciones. Por un lado se reduce debido a la tala y por otro se incrementa según las actividades de forestación y reforestación.

El conocimiento de la localización y cuantificación del recurso forestal –con exactitud- y la posibilidad de disponer de esta información en tiempo real, son aspectos cada vez más relevantes en el orden provincial, nacional y aún internacional. Brizuela y Milera, (2002) propusieron utilizar un método de actualización y seguimiento de la dinámica de plantaciones forestales que incluye el uso de imágenes de satélite y trabajo de campo. Tanto las estimaciones como los censos quedan desactualizados, al cabo de un año o menos, debido a la dinámica del sector.

Las plantaciones forestales en Entre Ríos se extienden preferentemente sobre las terrazas del Río Uruguay, en una franja de 20 Km. paralela a la costa del mencionado río. La especie más frecuentemente utilizada en las forestaciones comerciales es *Eucalyptus grandis* y en menor medida *Eucalyptus dunnii*, *Pinus elliotii*, *Pinus taeda* y *Eucalyptus globulus* (Díaz y Tesón, 2001). La importancia del sector fue puesta de manifiesto por el Proyecto Forestal de Desarrollo tanto en las posibilidades que ofrecen los suelos, del norte de la provincia, como en el inventario de plantaciones forestales (SAGPyA, 1997; SAGPyA, 2001)

A partir de 2002 se puso en práctica, un método de relevamiento y actualización utilizando datos multiespectrales del satélite Landsat 7 ETM+ que posibilita contar con información actual del área implantada para cada especie y un seguimiento para evaluar los cambios. Con datos de invierno de

¹ Facultad de Ciencias Agropecuarias – UNER Universidad Nacional de Entre Ríos.

² Centro de Investigaciones Científicas y de Transferencia de Tecnología - Dr. Matteri y España (3105) Diamante, Entre Ríos.

³ Dirección de Silvicultura y Montes Nativos – Gobierno de Entre Ríos

2002 se ajustó la metodología de interpretación visual y se obtuvo un relevamiento de la superficie implantada en seis departamentos de la provincia de Entre Ríos, considerando también la evaluación inicial de referencia realizada a inicios de ese año.

El Grupo de Teledetección Aplicada y SIG de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (UNER) lleva a cabo actividades de investigación y desarrollo relacionadas con el relevamiento del recurso forestal, en el marco del proyecto "Estudio de los recursos Naturales en la Cuenca del Río Uruguay utilizando SIG" tanto desde el punto de vista de un mayor conocimiento de las características de la respuesta espectral (Nosetto *et al*, 2003) como en la identificación de las plantaciones (Brizuela y Milera, 2002, *op cit*) y en la determinación del recorrido de menor costo para transportar la producción desde el lote al centro de procesamiento (Brizuela y Nosetto, 2001).

La presente 'actualización 2003' se llevó a cabo a solicitud de la Dirección de Silvicultura y Montes Nativos de la Provincia de Entre Ríos (DSyMN). Representa la primera actualización anual en la Provincia, y la aplicación de la metodología en tiempo real, de la superficie implantada con las especies indicadas en seis departamentos de la cuenca entrerriana del Río Uruguay (Figura 1). Se localizaron con exactitud los lotes forestales y se determinó la superficie por lote, por distrito y por departamento.

Materiales y métodos

La provincia de Entre Ríos se sitúa entre los 30° 10' y 34° 03' de Latitud Sur y los 57° 48' y 60° 47' de Longitud Oeste. Se relevaron los departamentos Colón, Concordia, Federación, Gualaguaychú, San Salvador y Uruguay, ubicados sobre la margen oeste del Río Uruguay. Estos comprenden en conjunto una superficie de 2.422.700 ha.

Se utilizaron imágenes del satélite Landsat 7 ETM +, de diciembre de 2002 y enero 2003, proporcionadas por la CONAE a través de la DSyMN y el ICyTIER. Se utilizó la Carta de Entre Ríos (Dirección de Catastro de la Provincia de Entre Ríos, Escala 1:500.000, año 1997) georreferenciada. Se contaba con las capas temáticas vectoriales que corresponden a los lotes forestales detectados en los relevamientos forestales de enero y de agosto de 2002 (Brizuela y Milera, *op cit*). Estas capas vectoriales fueron ajustadas y se actualizó la base de datos correspondiente.

Las capas vectoriales de lotes forestales se generaron con ArcView GIS 3.2 (ESRI, 1996); el procesamiento de las imágenes de satélite se realizó con ENVI 3.5. Las imágenes fueron georreferenciadas utilizando la cartografía del IGM en el sistema de Proyección Conforme Gauss Krüger, Datúm Posgar 94, Faja 5.

Se ajustaron los polígonos de lotes detectados en el relevamiento de invierno de 2002, y se agregaron los correspondientes a lotes de plantaciones nuevas. Se actualizó la base de datos con los cambios detectados en la ocupación en éstos, por ejemplo aquellos relacionados con la tala que redundaron en un cambio de categoría del lote.

Se vectorizaron en pantalla los contornos de las plantaciones forestales, que responden a los patrones visuales de las imágenes, composición color 4-5-3, definidos en las clases que se indican abajo. Se tuvieron en cuenta las características comunes como forma geométrica, sombra proyectada -en el caso de plantaciones de alto porte- y contexto. Las categorías fueron:

Clase 1: "*Eucalyptus grandis* adulto". Incluye los lotes forestales que presentan un color rojo intenso, una textura aterciopelada en la imagen de satélite y cierta homogeneidad.

Clase 2: "*Eucalyptus grandis* joven". Incluye lotes que presentan un color rojo débil o claro, semejante al patrón de cultivos o pasturas naturales. En la clasificación de enero 2002 corresponde a 'Forestación joven'.



Fig. 1. Distribución de las plantaciones en los departamentos del este de Entre Ríos.

Clase 3: "*Pinus taeda, eliottii caribaea*". Se caracteriza por presentar en la imagen de satélite un color marrón oscuro, con textura algo rugosa.

Clase 4: "*E. globulus y E. dunnii*". Similar a la anterior, pero en la combinación 4-5-2 se diferencian por ser más claros.

Clase 5: "**Talado**". Lotes que presentan un patrón similar a suelo desnudo, verde oscuro suave o celeste con pintas coloreadas. Agrupa a los lotes talados, implantados recientemente, de rebrote no distinguible aún, de cualquiera de las especies consideradas.

Clase 6: "**Rebrote**". Agrupa lotes de *Eucalyptus spp.* que fueron talados y en los cuales ya se nota el color característico de la especie en la imagen de satélite.

Clase 7: "**Salicáceas**". Incluye las especies de los géneros *Salix* y *Populus*.

En el Departamento Concordia se encuentran aledaños a cañadas, bajos o en cursos de agua, lotes correspondientes a *E. dunnii*. La especie *E. globulus* se encuentra casi exclusivamente en el Departamento Colón, con excepción de una pequeña superficie ubicada en el Departamento Uruguay. En el Departamento Gualeguaychú aparecen las salicáceas (*Salix spp.* y *Populus spp.*), aunque en

escasa cantidad. Se utilizaron datos de campo disponibles y se realizaron nuevas observaciones de un conjunto de lotes, seleccionados en función del patrón espectral, con estos datos se logró mejorar la delimitación de los lotes forestales y conocer la ocupación real de aquellos que resultaban confusos en la interpretación visual.

Es importante remarcar que en la asignación de clases se consideraron dos situaciones referidas a la confirmación o a la probabilidad de certeza:

* **confirmado o prácticamente seguro:** por haber sido corroborado a campo o por presentar un patrón muy definido que no ofrece dudas sobre la pertenencia a la clase, con probabilidad superior al 95%.

* **muy probable:** sin corroboración a campo y patrón característico de la clase pero menos definido que en el caso anterior. Se puede considerar equivalente a probabilidades entre 80% y 95%. Esta situación no fue considerada en el relevamiento 2002.

Resultados

Se presentan los resultados considerando las categorías que fueron consideradas como 'muy probables' ya que, a criterio de los autores, refleja con mucha exactitud la superficie real de las plantaciones. En el Cuadro 1 se indican los resultados de la superficie por departamento.

Respecto al año anterior, se verifica una variación general del 9.2% si se considera la situación *confirmado o prácticamente seguro* en la superficie de las forestaciones en pie, de 79.243 ha –Verano 2002- a 86.528 ha –Verano 2003-. Este porcentaje es significativamente mayor si se consideran los casos 'muy probables' alcanzando el 23.6 %. El departamento para el cual se registró la mayor variación en superficie forestada fue Concordia. Se advierte que la variación anual no significa estrictamente que durante el período fueron implantadas o taladas. Se presentan diferentes situaciones que dan lugar a las cifras del año 2003 que corrigen o ajustan las del año anterior. Por ejemplo rebrotes que en 2002 ofrecían dudas se identifican bien en 2003. Algunos casos dudosos no incluidos en 2002, por no presentar un patrón bien definido, fueron observados a campo y se incorporaron en 2003.

	Verano 2002 ha	Verano 2003 ha	Diferencia ha
Federación	11652	15313	3660
Concordia	34994	43942	8948
Colón	26593	28736	2144
San Salvador	700	1287	588
Gualeduaychú	2304	4617	2313
Uruguay	3000	4051	1051
TOTAL	79243	97946	18703

Cuadro 1. Comparación de superficie entre ambas fechas (Verano 2002 - Verano 2003)

Incluyendo la categoría 'talado' en ambos años se obtienen los siguientes valores:

	Verano 2002	Verano 2003	Diferencia
Total (en pie + talado)	83451	101945	18494

Es *muy probable* que la forestación en pie –a Enero 2003- sea de 97.946 ha y si se incluye la superficie talada durante el período considerado en los seis departamentos, se totalizan 101.945 ha

Categoría	Total Región	%	Federación	Concordia	Colón	San Salvador	Gualeguaychú	Uruguay	
Plantación en pie	97946	96	15313	43942	28736	1287	4617	4051	
Talado -total-	3999	4	824	1413	1590	47	37	88	
Talado	E. grandis	3699	93	792	1300	1439	47	33	88
	Pino	174	4	31	114	25	0	4	0
	E globulus.	126	3	0	0	126	0	0	0
Total	101945	100	16136	45355	30326	1334	4654	4139	

Cuadro 2. Superficie forestada a enero de 2003 en la región.

dedicadas a plantaciones forestales. En el Cuadro 2 se muestra la distribución por departamentos y categorías.

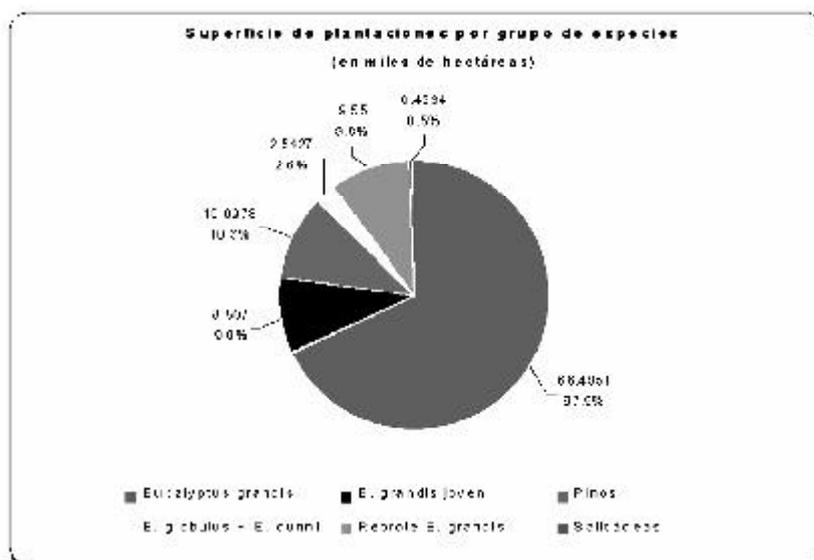


Fig. 2. Superficie forestada por grupo de especies.

Se observa un predominio de los eucaliptus en la superficie total de plantaciones de los seis departamentos considerados (Fig. 2).

Los departamentos Concordia, Colón y Federación albergan casi el 90% de la superficie en pie. Las plantaciones forestales se distribuyen sobre la margen del Río Uruguay, en marcada asociación con los suelos arenosos característicos de esa región (Figura 3).

El porcentaje de reconfirmación (lotes ratificados en la misma categoría o promovido a otra por crecimiento de la especie o corte del rodal) fue superior al 96,4%. La superficie talada corresponde principalmente a lotes de eucaliptos.

El departamento con mayor superficie talada es Colón (5,2%) seguido de Federación (5,1%). Del total de esta superficie talada, sólo el 4% (174 ha) corresponde a Pino; el 3% a *E. globulus*, y el resto

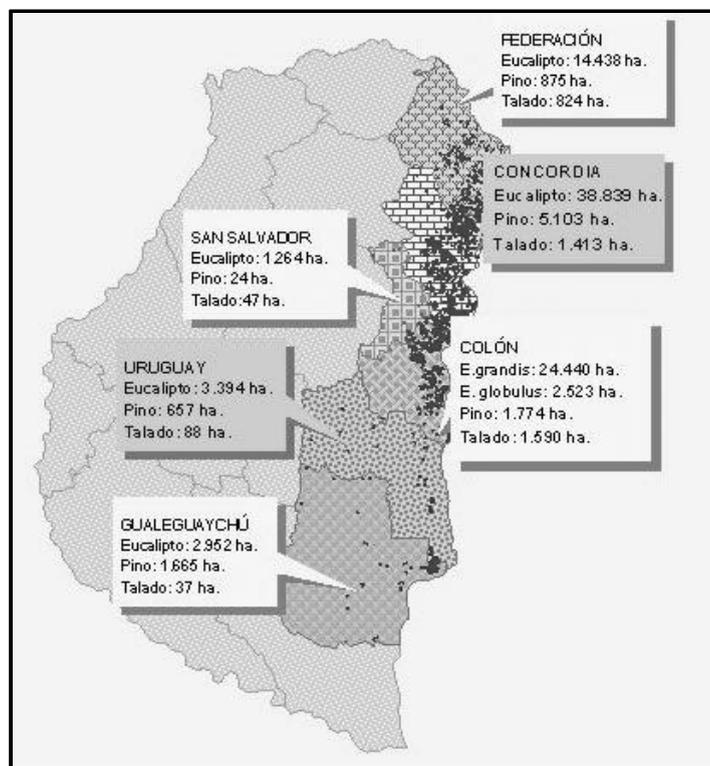


Fig. 3. Distribución de las forestaciones en la provincia

corresponde a lotes de *E. grandis*. No se encontraron lotes de salicáceas talados.

En el Cuadro 3 se detallan los resultados por categorías para cada distrito de los departamentos considerados. Los distritos Gualeguaycito de Federación, Yuqueri y Suburbios de Concordia y Distrito 2do. de Colón representan el 58% de la superficie talada durante el año 2002.

Datos totales agrupados

- *Eucalyptus sp.*: 77.935,90 ha.
- *Pinus sp.*: 10.097,80 ha.
- Rebrote: 9.550,00 ha.
- Talado: 3.999,30 ha.
- Salicáceas: 362,30 ha.

Total por especies:

- *Eucalyptus*: 91.085,90 ha.
- *Pinus*: 10.497,80 ha.
- Salicáceas: 362,30 ha.

Nota: Los datos de Rebrote son exclusivamente de *Eucalyptus* y los de Talado se distribuyeron un 90 % a *Eucalyptus sp.* y un 10 % a *Pinus sp.*, de acuerdo a lo observado en los controles de campo.

FEDERACIÓN	E. grandis . adulto	E. grandis joven	Pinus sp.	E. globulus o E. Dunnii	Talado	Rebrote	Salicáceas	Total
Atencio E.	379.1	3.6	0	0	15.3	41.2	0	439.2
Galeguaycito	6230.2	499	785.9	0	558.7	247	0	8320.8
Mandisoví	5722.9	608.2	88.8	0	205.1	358.7	0	6983.7
Tatutí	171.8	30.9	0	0	44.6	145.4	0	392.7
Sub Total	12504	1141.7	874.7	0	823.7	792.3	0	16136.4
CONCORDIA	E. grandis . adulto	E. grandis joven	Pinus sp.	E. dunnii	Talado	Rebrote	Salicáceas	Total
Moreira	119.4	52.3	0	0	0	0	0	171.7
Suburbios	9705.4	1005.7	667.4	67.7	494.8	1578.8	0	13519.8
Yerúa	10128.2	1578.7	3053.5	12.5	196.7	618.2	0	15587.8
Yuquerí	10131	1979.1	1382.3	10.9	721.9	1850.8	0	16076
Sub Total	30084	4615.8	5103.2	91.1	1413.4	4047.8	0	45355.3
COLÓN	E. grandis . adulto	E. grandis joven	Pinus sp.	E. globulus o E. dunnii	Talado	Rebrote	Salicáceas	Total
Distrito 1	1220.1	114.9	176.8	0	43.6	231.5	0	1786.9
Distrito 2	3534.8	620.9	302.6	2516.5	555.8	664.9	0	8195.5
Distrito 3	37.9	0	0	0	0	0	0	37.9
Distrito 4	4361.5	237.8	686.2	6.3	147.9	416.7	0	5856.4
Distrito 6	10087.3	563.1	607.9	0	843	2348.4	0	14449.7
Sub Total	19241.6	1536.7	1773.5	2522.8	1590.3	3661.5	0	30326.4
SAN SALVADOR	E. grandis . adulto	E. grandis joven	Pinus sp.	E. globulus o E. dunnii	Talado	Rebrote	Salicáceas	Total
Arroyo Grande	200.5	82.9	0	0	0	157.8	0	441.2
Gral. Campos	150	6.1	23.6	0	47.1	13.1	0	239.9
Las Colonias	469.8	0	0	0	0	55.3	0	525.1
Walter Moss	81.9	16.9	0	0	0	29.3	0	128.1
Sub Total	902.2	105.9	23.6	0	47.1	255.5	0	1334.3
GCHU	E. grandis . adulto	E. grandis joven	Pinus sp.	E. globulus o E. dunnii	Talado	Rebrote	Salicáceas	Total
Alarcón	0	5.9	0	0	0	0	0	5.9
Costa Ur. N	1231.7	0	1480.1	0	36.6	378.6	143.8	3270.8
Costa Ur. S	144.4	0	28.9	0	0	0	109.6	282.9
Dos Hermanas	208.6	19.9	0	0	0	0	0	228.5
Pehuajó Norte	206.1	0	0	0	0	96.6	16.3	319
San Antonio	24.3	0	0	0	0	0	92.6	116.9
Pehuajó Sur	87.5	111	0	0	0	29.5	0	228
Perdices	0	45.1	156.4	0	0	0	0	201.5
Sub Total	1902.6	181.9	1665.4	0	36.6	504.7	362.3	4653.5
URUGUAY	E. grandis . adulto	E. grandis joven	Pinus sp.	E. globulus o E. dunnii	Talado	Rebrote	Salicáceas	Total
Gená	281.1	0	26.8	0	14	51	0	372.9
Genacito	75.6	0	0	0	0	52.6	0	128.2
Molino	467.8	32.6	5.2	19.9	0	45.6	0	571.1
Moscas	33.1	0	0	0	0	84.9	0	118
Potrero	532.4	1184.1	625.4	0	74.2	54.1	0	2470.2
Tala	470.7	8.3	0	0	0	0	0	479
Sub Total	1860.7	1225	657.4	19.9	88.2	288.2	0	4139.4
TOTAL	66495.1	8807	10097.8	2633.8	3999.3	9550	362.3	101945

Cuadro 3. Superficie de las plantaciones (en ha) por distritos y por categorías.

Conclusiones

Con la metodología propuesta de interpretación visual de imágenes satelitales, apoyada con trabajos de campo, puede realizarse en forma rápida y confiable una actualización de los recursos forestales implantados en una región.

Es importante contar con información de referencia como la proporcionada por el relevamiento anterior, a partir de la cual la actualización se realiza de manera ágil posibilitando, simultáneamente, ampliar la base de conocimiento sobre los lotes forestales, a excepción de los que se implantaron en el período.

De esta manera, pueden mantenerse actualizados los datos sobre las plantaciones forestales y conocer su localización con exactitud, así como la superficie de los lotes individuales, o acumulada por distritos, departamentos o regiones de interés. Por otra parte, con esta metodología el trabajo de campo queda restringido a las situaciones de cambio (tala, rebrote, nuevas implantaciones), lo que implica menor costo en la obtención de la información.

Reconocimientos

La Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) proporcionó las imágenes a través de la Dirección de Silvicultura y Monte Nativo y el Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Provincia de Entre Ríos (ICyTIER) en el marco del convenio entre ambos organismos.

Bibliografía

- Brizuela, A. B. y Milera, S. G., 2002. Actualización y seguimiento de la dinámica de plantaciones forestales en Entre Ríos, Argentina. *XVII Jornadas Forestales de Entre Ríos* (Concordia, 2002), En CD *Actas 1986-2003*.
- Brizuela, A. B. y M. D. Nosetto, 2003. Uso innovador de un SIG en la logística de los productos forestales. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias - UN Cuyo*, 35 (2): 77-85.
- Díaz D. y Tesón, N., 2001. *Unidades de Manejo Forestal en los Departamentos Federación, Concordia y Colón, del Nordeste de Entre Ríos*. INTA EEA Concordia. 11 p.
- ESRI, 1996. *ArcView GIS v. 3.1. The Geographic Information System for Everyone* ESRI Inc. 340 pp.
- Kleinerman, R. y Pérez, J. M., 1997. *Estimación del área cubierta por monte nativo en la Provincia de Entre Ríos*. Secretaría de la Producción, Gobierno de Entre Ríos: 19 pp.
- Larrieu, M., Salvaré, F. D., Medvecig, M. y Clemente, N. I., 1998. Aplicación de un Sistema de Información Geográfica para la ubicación y cuantificación de especies forestales de *Eucalyptus spp.* y *Pinus spp.* en el departamento de Concordia de la provincia de Entre Ríos. *SAGPyA Forestal* 6: 2-16.
- Nosetto M., A. Brizuela y P. Aceñolaza, 2003. Obtención de firmas espectrales de áreas forestadas a partir de imágenes Landsat ETM. *XVI Jornadas Forestales de Entre Ríos. Información Tecnológica*, 14, 4: 83-89, Chile.
- SAGPyA, 2001. Inventario Nacional de Plantaciones Forestales, *Proyecto Forestal de Desarrollo (PIA 33/97)*, 1: 63 pp
- SAGPyA-BIRF, 1997. Evaluación de las Posibilidades de Desarrollo Forestal de los Suelos del Área Ganadera del Norte de Entre Ríos. *Proyecto Forestal de Desarrollo (PIA 33/97)*, Informe Final, 1: 76 pp..
- Tole, L., 2002. An estimate of forest cover extent and change in Jamaica using Landsat MSS data. *International Journal of Remote Sensing* Publisher: Taylor & Francis Issue, 23: 91-106.

Recibido: 25 de Noviembre de 2003

Aceptado: 15 de Febrero de 2004