

# Caracterización de la oferta de recursos forestales del partido de Balcarce, provincia de Buenos Aires

MÓNACO, M.<sup>1</sup>; LACLAU P.<sup>2</sup>

## RESUMEN

El sudeste de la provincia de Buenos Aires tiene un potencial forestal importante, aunque la actividad aún no está consolidada y se practica de manera discontinua, dispersa y con poco manejo. En este contexto se ubican los montes del partido de Balcarce, que en el 2002 contaba con 1.100 ha de plantaciones, con un 75% de especies de interés comercial. El conocimiento de la composición, estado y distribución de los montes existentes permitiría contribuir al planeamiento de su manejo y ordenación. Este trabajo tuvo dos objetivos: el primero fue elaborar cartografía temática, a escala de reconocimiento, de las distintas clases de montes que constituyen el patrimonio forestal local. El segundo, fue caracterizar la oferta de plantaciones con destino industrial en términos de superficie, composición y estructura. Se confeccionaron mapas de los montes presentes, clasificados como: macizo comercial, monte de reparo, cortina cortaviento, monte de protección y monte de poblaciones. Se identificaron visualmente con imágenes satelitales Digital Globe® y se digitalizó su localización con puntos o con vectores perimetrales. Como soporte cartográfico se utilizaron capas del Atlas Digital del partido de Balcarce. Las unidades se identificaron mediante técnicas de fotointerpretación y con información adicional georreferenciada se incorporaron polígonos de forestaciones recientes no identificables en las imágenes. Para la supervisión a campo se recorrieron rutas y caminos barriendo visualmente 5.400 ha (1,3% del partido), reconociendo los montes comerciales por género botánico, desarrollo y densidad relativa. El mapa forestal obtenido fue estructurado en un Sistema de Información Geográfica donde se identificaron 5.711 unidades forestales distribuidas en las cinco categorías. La superficie de los polígonos digitalizados de montes comerciales totalizó 3.017 ha de distintas subclases. Al relacionarse con otros mapas del partido, se observaron patrones de distribución de los montes, algunos asociados a cursos de agua, topografía, superficie de lotes o proximidad a centros urbanos o a la red vial. Las diferencias entre las unidades supervisadas y las digitalizadas no fueron significativas ( $p < 0,05$ ). La supervisión de campo permitió desagregar la clase de macizos comerciales, en montes mixtos (29%, 254 ha) y puros (71%, 624 ha). Se destaca la utilidad del análisis visual de imágenes del software Google Earth® para la clasificación forestal con técnicas simples y con un grado de precisión aceptable para estudios regionales, y las fuentes de error de esta técnica. El uso del software, de baja complejidad y acceso libre, facilita la diseminación del mapa forestal para utilización directa de distintos actores. Además, el estudio contribuye a conocer cualitativamente el patrimonio forestal del partido de Balcarce, con una aproximación de la superficie de montes comerciales, información de utilidad para el diseño e implementación de políticas públicas.

**Palabras clave:** clases de montes, análisis visual, mapa forestal, macizos comerciales.

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Calle 60 y 119. CP 1900. La Plata Tel/Fax: +54 (221) 423-6758.

Correo electrónico: martinmonaco@gmail.com

<sup>2</sup>INTA, EEA Balcarce, OIT Tandil, Gral. Rodríguez 370. CP 7000. Tandil. Tel. 02293 425311.

Correo electrónico: placlau@correo.inta.gov.ar

## ABSTRACT

The forestry potential for the south-eastern region of Buenos Aires province is high, although the current forest lands are still unbound and characterize as sparse, fragmented and lacking of management. This is the context for plantations (commercial/ non commercial) of the Balcarce county, accounting for about 1.100 ha of standing tree patches in 2002, 75% of commercial species. For land use planning and forest management it is necessary to assess the composition, state and distribution of the present tree plantations. The objectives of this study were to (1) elaborate thematic maps of the different types of forest stands of Balcarce to a recognition scale and (2) characterize the commercial forest supply in terms of area, structure and composition. By visual analysis of Digital Globe® satellite imagery, forest units (classified as commercial stand, forest shelter, forest windbreak, protective forest and forest park) were identified and geographically positioned with dots or vectors (polygons). Thematic layers of the Atlas Digital del Partido de Balcarce were used as a cartographic support. The units were identified by means of interpretation techniques, using photographic features. Additional secondary information helped to include some recently afforested polygons (not identifiable in the images). For field supervision strip transects along highways and roads were transited, covering 5,400 ha (1.3% of the county), recognizing the botanic genus, developing stage and relative density of the tree stands of the commercial class. The resulting forest map was structured as a Geographic Information System, accounting for 5,711 forest units of the 5 categories. The area of the commercial forest polygons amounted 3,017 ha of different sub-classes. Distinctive distribution patterns were observed when correlating the forest map with some other map layers, some associated to water streams, topography, size of land parcels or proximity to roads or urban centres. There were not found significant differences ( $p < 0.05$ ) between visually digitalized and observed units. The field supervision help to unbundle commercial forest class, into mixed (29%, 254 ha) and pure (71%, 624 ha) stands. Finally, the noting utility of visual analysis of Google Earth® imagery for remote forest surveys to provide accurate results to a regional scale with simple tools was emphasized. Also, error sources of the method were cited. The above mentioned software, free-accessible and easy to handle, contributes to the dissemination of the forest map for direct use by different stakeholders. The study also contributed to (qualitatively) know the forest assets of the Balcarce county and to provide an estimation of the current area of commercial forest, both achievements valuable for public policy design and implementation.

**Key words:** forest classes, visual analysis, forest map, commercial stands.

## INTRODUCCIÓN

La región Pampeana se presenta como la de mayor superficie apta para especies forestales del país (4.135.000 ha, INTA 2002). La oferta industrial está constituida principalmente por maderas de los géneros *Salix* (51%), *Eucalyptus* (25,2%), *Populus* (23,5%) y *Pinus* (0,3%) (Brandán *et al.*, 2010). Dentro de la región, el sudeste de la provincia de Buenos Aires tiene un potencial interesante para el desarrollo forestal (Moschini *et al.*, 2000; MAA(2005). Aunque hay un número considerable de forestaciones, la actividad aún no se halla consolidada y se practica de manera discontinua, dispersa y con baja intensidad de manejo (Dillon 2000; Nakama *et al.*, 2004).

Hasta fines de los años 1980, se forestaba principalmente con pinos. En la década siguiente, cuando numerosas cortinas y montes de reparo de *Eucalyptus globulus* se cortaron con destino a exportación desde el puerto de Quequén, se implantaron plantaciones comerciales de esta especie, incrementando significativamente el área plantada (Etcheagaray 2000; Dillon 2000). Recientemente, en un radio de

100 km desde la ciudad de Quequén, se cuantificaron más de 6.000 ha de forestaciones de *E. globulus* (MAA 2011). Durante el período 2005-2010, el promedio de superficie plantada fue de 4,5 ha por productor forestal (DBF 2011a), lo que arroja una idea de la dispersión y pequeña escala productiva regional. En este contexto se ubica el partido de Balcarce, que hasta el 2002 contaba con 1.100 ha de montes implantados, de las cuales un 75% correspondía a especies de interés comercial (principalmente eucaliptos) (CITAB-BPBA, 2005). Entre 2002 y 2010 se forestaron 328 ha en el partido, bajo el régimen nacional de promoción forestal (DBF 2011b).

Aunque de tradición fuertemente agrícola, el partido de Balcarce tiene un importante potencial para el desarrollo de plantaciones comerciales, debido a sus condiciones agroecológicas, a su ubicación estratégica y a su articulación vial (Moschini *et al.*, 2000; Culot 2000). La facilidad de acceso por rutas hacia importantes centros de consumo (Tandil, Mar del Plata, otras ciudades del interior) y puertos internacionales (Quequén, Mar del Plata) permitirían acceder a mercados locales e internacionales con bajos costos

de transporte terrestre. Actualmente en el partido hay más de 40 comercios e industrias relacionados con la madera (DIG-MB 2010), dedicadas a carpintería de obra y muebles, a la venta de madera para la construcción y al acopio de leña para uso hogareño y de pequeñas industrias. Entre las industrias de elaboración primaria y secundaria se cuentan aserraderos, fabricas de parquet, de muebles y de carpintería rural.

Las plantaciones establecidas cumplen distintas funciones dentro de las unidades productivas, más allá de constituir una reserva maderable. Para el ordenamiento de la actividad en la zona, es preciso contar con información sistemática que contribuya al diseño de políticas para desarrollar su potencial forestal. En ese sentido, la información estadística y cartográfica disponible sólo brinda una aproximación parcial al conocimiento de los recursos forestales del partido, ya que no incluye a productores que han forestado sin utilizar los beneficios promocionales o que no participan del circuito industrial. Tampoco se dispone de datos productivos sobre existencias y crecimiento de las especies de valor comercial. El conocimiento de la composición, estado sanitario y la distribución de las forestaciones actuales, permitiría contribuir al planeamiento de su manejo y la ordenación con objetivos de producción sostenible.

Con el objetivo general de conocer la oferta de recursos forestales plantados en el partido de Balcarce en este trabajo se propone: 1) Elaborar una cartografía temática a escala de reconocimiento, de las distintas clases de montes forestales que constituyen el patrimonio forestal local, 2) Caracterizar la oferta de montes implantados con destino industrial en términos de superficie, composición y estructura.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción del área de estudio

El partido de Balcarce se encuentra ubicado en el sudeste de la provincia de Buenos Aires y forma parte del distrito Austral de la provincia Fitogeográfica Pampeana (Cabrera 1976). Con una superficie total de 412.111 ha en el sector central del sistema de Tandilia, se caracteriza por la presencia de sierras y ondulaciones interserranas y pedemontanas, con afloramientos rocosos, pedemontes loésicos colinados y pendientes atenuadas que se integran paulatinamente al paisaje plano pampeano (INTA-RIAP 2011). Los suelos dominantes son poco o medianamente profundos, con presencia de un manto de carbonato de calcio (tosca) a menos de 1,5 m de profundidad (Argiudoles típicos y petrocálcicos), entremezclados con suelos profundos, fértiles y bien drenados, en los que la tosca no forma un manto continuo (Argiudoles típicos) (INTA-RIAP 2011). En menor medida, en las zonas serranas se encuentran suelos líticos poco profundos, con roca muy cerca de la superficie, moderadamente bien drenados (Hapludoles líticos e Inceptisoles). En los suelos del partido en general, se presentan limitaciones de profundidad por presencia de tosca o afloramientos rocosos y riesgos de erosión hídrica

por pendientes pronunciadas, sobre todo en las zonas más próximas a las sierras (INTA-RIAP 2011). El régimen hídrico es subhúmedo-húmedo, con una precipitación media anual de 900 mm, sin estacionalidad marcada, aunque la temporada estival es más lluviosa. En promedio presenta 90 días de lluvias por año, de tipo frontal, que suelen ser muy intensas y erosivas, sobre todo en el verano. El balance hídrico es casi equilibrado, con un déficit estival que es compensado por el excedente de invierno (Culot 2000). La temperatura media anual ronda los 14 °C, con una máxima media de 21 °C en enero y una mínima de 7,5 °C en julio. El período medio libre de heladas abarca desde principios de octubre a mediados de mayo (162 días). Los vientos predominantes circulan en dirección suroeste-nordeste, con una velocidad media de 17 km.h<sup>-1</sup>. Predominan los frentes fríos y secos, aunque también ingresan frentes calurosos y húmedos desde el nordeste (Culot 2000).

La vegetación natural es la estepa de gramíneas con menos de un metro de altura, dos períodos de reposo (invernal y estival) y floración al inicio de la primavera (AEySR-INTA 2008). También se encuentran asociaciones saxícolas en los afloramientos rocosos (AEySR-INTA 2008). A excepción de lo que sucede en las laderas de sierras, que fue alterado parcialmente por la ganadería, este ecosistema ya no existe en el partido, debido a las profundas modificaciones por uso agropecuario y urbanización. El partido cuenta con fuentes hídricas superficiales y subterráneas de buena calidad para el riego y bebida animal (AEySR-INTA 2008).

Balcarce se constituye como zona de producción mixta agrícola-ganadera, con predominancia de agricultura de cereales, oleaginosas y papa donde también predomina la actividad ganadera basada en la producción de bovinos de carne y de leche.

### Mapa forestal. Análisis e interpretación de imágenes

Para confeccionar los mapas de los diferentes tipos de montes del partido, se identificaron unidades forestales (áreas con árboles agrupados) a partir de las imágenes satelitales Digital Globe®, disponibles para aplicaciones online del software Google Earth® v. 6.1. Para ello se digitalizó su localización y forma con vectores (polígonos), únicamente en el caso de montes comerciales, o con marcas (puntos) en el caso de las clases restantes. Alrededor de 60 imágenes capturadas entre mayo del año 2000 y abril de 2010 conforman el mosaico de cobertura del partido. La capa digital correspondiente al límite del partido de Balcarce y otras de utilidad para el análisis (generadas a partir de información hidrográfica, de vías de comunicación, de relieve terrestre y de referencias catastrales) fueron elaboradas para la edición 2003 del Atlas Digital del Partido de Balcarce (Tomás *et al.*, 2005).

Para sistematizar la tarea de identificación, se digitalizaron previamente 21 fajas de aproximadamente 4,5 km de ancho con sentido norte-sur (figura 1). Dichas fajas se barrieron ajustando las vistas a una escala aproximada de 1:3650 (altura 1,0 km). Las unidades forestales se identi-

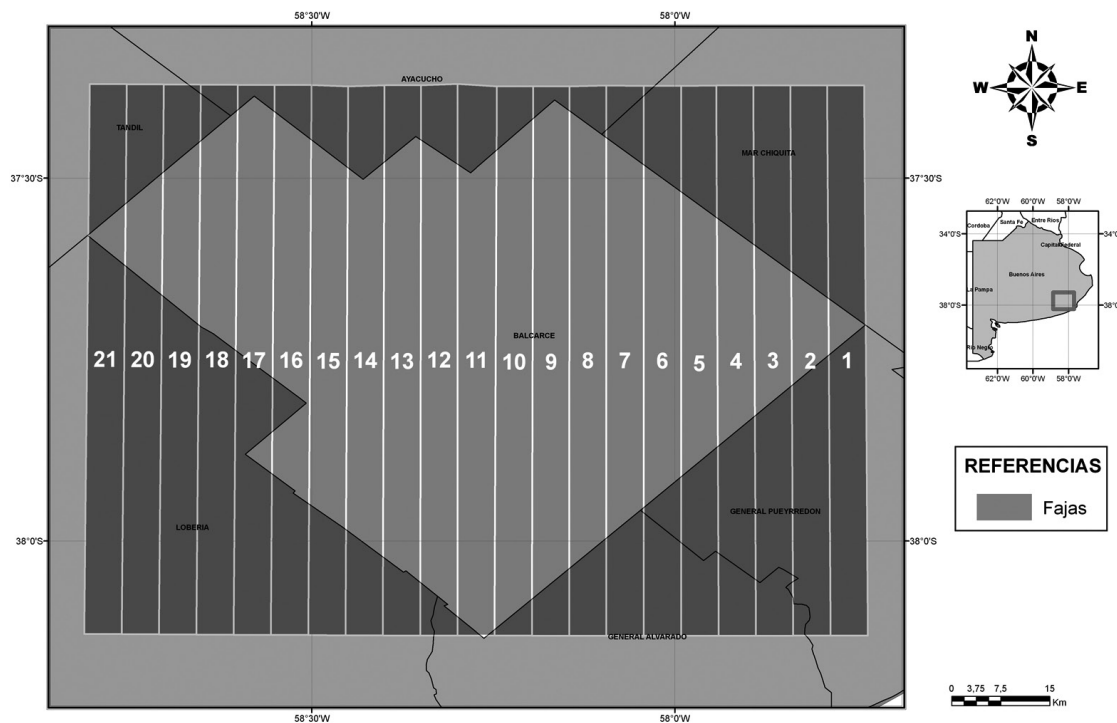


Figura 1. Delimitación del partido de Balcarce y fajas digitalizadas para el barrido visual de las imágenes Google Earth®

ficaron mediante técnicas de fotointerpretación (González Iturbe Ahumada 2004; Mohame 2005; Goosen 1968; Avery 1985; Sandoval y Trincado 2002). Los elementos fotográficos utilizados para distinguir los montes forestales de otros objetos fueron el tono, el color, las sombras proyectadas (combinaciones de tono y forma), la textura y forma de los objetos y su tamaño relativo (González Iturbe Ahumad 2004; Mohame 2005; Goosen 1968; Avery 1985; Sandoval y Trincado 2002). La alta definición de las imágenes, cuyo tamaño de píxel varía entre 0,46 y 2,6 m según el satélite utilizado en la captura, sea Quick Bird, WorldView 1 o WorldView 2 (DigitalGlobe 2011), facilitó el reconocimiento.

Los sitios forestados presentan en las imágenes tonalidades oscuras, mientras que las superficies suaves y abiertas, correspondientes a cultivos o pastizales, presentan tonos claros. Asimismo, la textura de las copas, las formas redondeadas de los árboles y las sombras proyectadas, son elementos relevantes en la identificación. Las sombras proyectadas fueron particularmente importantes cuando los tonos de algunas imágenes exhibieron bajos contrastes, ya que tienen valores muy bajos (oscuros) hacia los bordes de los montes o en los claros. Además, permiten inferir el tamaño y la forma, mediante la comparación de la sombra de los distintos objetos y la aproximación a la visión horizontal, a través de la cual, estamos acostumbrados a ver a los árboles. Sin embargo, en muchos casos, las sombras también ocultaron los bordes de los montes, dificultando la determinación de los límites, con la consecuente sobre o subestimación de las superficies forestadas. Di-

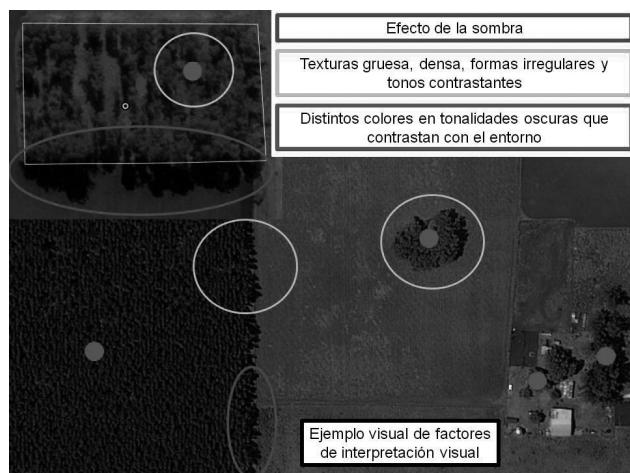
chos errores fueron considerados poco significativos para los objetivos de este estudio a una escala regional.

Mediante comparaciones con otros objetos de la imagen, se pudo inferir el tamaño relativo de los árboles para diferenciarlos de arbustos o matorrales. Por otro lado, a través la forma de la masa forestal, se pudo separar rápidamente a las cortinas de los montes de reparo y las plantaciones comerciales. Si bien las observaciones poseen un importante grado de subjetividad, inherente al observador, la definición de criterios de clasificación *a priori*, permite una apreciación más objetiva.

### Clasificación de montes, localización y áreas

Las áreas forestadas fueron agrupadas en cinco clases de montes: 1) macizo comercial, 2) monte de reparo, 3) cortina cortaviento, 4) monte de protección y 5) monte de poblaciones. Los criterios de clasificación se establecieron a partir de un primer paso común, que fue la separación de la superficie cubierta por árboles de las que poseen otras coberturas, navegando cada faja y digitalizando marcas o polígonos de forestaciones. Independientemente de su clase, las coberturas forestales en el área de estudio se caracterizaron por presentar colores verdes, marrones, grises y pardo-rojizos en las imágenes (siempre en tonalidades generalmente oscuras y contrastantes con el entorno), texturas gruesas (granulosa), densas, formas regulares rectangulares o lineales y con sus elementos alineados o bien irregulares (figura 2).





**Figura 2.** Ejemplos de aplicación de elementos visuales para la identificación de las unidades forestales en las imágenes

Cada unidad forestal observada fue asignada a la clase de monte forestal correspondiente (tabla 1). En la tabla 1 se describen las características visuales asociadas a cada categoría, el uso asumido y sus principales funciones. A la vez, las clases fueron desagregadas en tipos forestales, según la distribución y continuidad de copas, la relación ancho/largo, la ubicación fisiográfica o los objetos asociados (tabla 2).

En el caso de los macizos comerciales, delimitados por polígonos, se obtuvo la superficie de cada unidad. La proyección utilizada para dicha tarea, fue la proyección Transversa de Mercator. Como las imágenes del mosaico que abarca el partido son de fechas disímiles, sólo se refleja

un estado aproximado de las existencias forestales entre los años 2000 y 2010 (fechas extremas de las imágenes). Para la estimación de superficie total forestada con macizos comerciales, se incorporaron en las tablas de cálculo las plantaciones muy jóvenes (que no pueden identificarse en las imágenes satelitales) con datos provistos por la Dirección de Bosques y Forestación de la Provincia de Buenos Aires para el período 2007-2010 (DBF 2011b), de planes presentados a los sistemas de promoción vigentes. Por lo tanto, quedaron fuera de la superficie medida aquellas plantaciones que no utilizaron dichos sistemas, aunque presumiblemente el área no incluida es reducida, y que no constituye un error significativo. A partir de los datos adicionales de esas plantaciones no visibles en las imágenes, fue posible incorporar 88 ha de plantaciones más de forestaciones no visualizadas.

Adicionalmente, en reconocimientos de campo, y solamente para la categoría macizo comercial (de rodales de *Eucalyptus* spp), se recorrieron rutas y caminos secundarios, permitiendo agregar un mayor detalle para la clasificación de estas unidades en tipos forestales considerando su género, su desarrollo y la densidad actual (tabla 3). Previo a dicha clasificación, se visitaron forestaciones con el objetivo de definir umbrales de las variables a observar. Las forestaciones ralas se definieron como aquellas que poseen menos de 400 pl/ha aproximadamente, mientras que las que superaban esta densidad se definieron como densas. Las plantaciones con distanciamiento uniforme entre plantas fueron clasificadas como de distribución regular y las que presentaron zonas de discontinuidades o ausencia de árboles como irregulares. Además se caracterizó el desarrollo de las plantaciones a través de su altura dominante, clasi-

**Criterios de clasificación visual (área, forma, presencia de construcciones) de las unidades forestales identificadas. Se indican además el destino social o productivo y los servicios provistos**

Clases	Destino	Función	Área	Forma	Construcciones
<b>Macizo comercial</b>	Foresto- industrial	Producción forestal	>=1 ha.	En general compacta y regular	Ausentes
<b>Monte de reparo</b>	Ganadero	Protección de producciones animales, provisión de leña, postes	< 1ha	En general compacta	Ausentes
<b>Cortina cortaviento</b>	Agrícola- ganadero	Protección de cultivos y ornamental	< 1 ha*	Varias veces más largo que ancho.	Indistinto
Hábitat					
<b>Monte de protección**</b>	Protección ambiental	Protección de sitios frágiles y susceptibles a la erosión. Refugio vida silvestre	Sin umbral	Variable	Ausentes
<b>Monte de población</b>	Hábitat	Protección y ornamentación de asentamientos urbanos y rurales. Provisión de leña	Sin umbral	Variable	Presentes

**Tabla 1.** Criterios de interpretación visual de imágenes para la clasificación de las unidades forestales del partido de Balcarce según distintas variables y atributos

\*Existen cortinas que tienen más de una ha, aunque no superan las cuatro hileras de ancho

\*\*Incluye formaciones arbóreas espontáneas en áreas riparias o en zonas serranas

Clase	Variable	Atributos	Descripción
Macizo comercial	Composición	Puro	Un solo género arbóreo
		Mixto	Más de un género arbóreo
	Distribución de copas*	Regular	A escala 1:3.650 hay menos de 5% de la unidad sin cobertura de copas**
		Irregular	A escala 1:3.650, hay más de 5% de la unidad sin cobertura de copas**
Monte de reparo	Composición	Puro	Un solo género arbóreo
		Mixto	Más de un género arbóreo
Cortina cortaviento	Ancho de la cortina	Ancha	Más de dos hileras de árboles
		Angosta	Menos de dos hileras de árboles
	Continuidad de copas	Continua	Separación entre copas < 10 m
		Discontinua	Separación entre copas >= 10 m
Monte de protección	Ubicación y forma	Arroyo/ laguna/ sierra	En suelos presumiblemente frágiles y susceptibles a la erosión. Formas irregulares
Monte de población	Construcciones asociadas	Casas/ galpones/ silos	En zonas urbanas, periurbanas, parajes, cascos de estancia, etc.

**Tabla 2.** Criterios de interpretación visual de imágenes para la clasificación de las unidades forestales del partido de Balcarce en distintas categorías de montes en tipos forestales

\*Distribución horizontal de la proyección de las copas sobre el terreno

\*\*La cobertura fue medida a través de una cuadrícula

cándose como monte alto (altura dominante mayor a 15 m), monte medio (entre 8 y 15 m) y monte bajo (menor a 8 m). Con estas apreciaciones utilizadas para el análisis visual de las imágenes, se realizaron luego los recorridos por rutas y caminos secundarios, a fin de clasificar de manera cualitativa las plantaciones de la categoría macizo comercial. Para evitar sesgos de apreciación subjetiva, todas las observaciones de terreno fueron realizadas por el mismo observador, acompañado de un asistente para el registro de datos.

### Verificación de las unidades forestales

Para evaluar la calidad del mapa obtenido en laboratorio y su nivel de precisión en la identificación, las unidades cartografiadas fueron supervisadas con observaciones de

campo. Con este propósito se realizaron recorridos de observación en el campo a partir de trazados realizados sobre imágenes (franjas de 300 m de ancho hacia ambos lados de las rutas), que se corresponden con la ruta provincial 55 y la nacional 226, que fueron elegidas porque cubren distintas situaciones fisiográficas y de uso del suelo en su recorrido por el partido, incluyendo una gran cantidad de las unidades identificadas. El área barrida de esta manera fue de aproximadamente 5.400 ha.

Mediante esta supervisión se estableció la correspondencia entre unidades esperadas (identificadas en trabajo de laboratorio) y observadas (visibles en el terreno) para todas las clases de montes. La confiabilidad de los resultados fue evaluada a través de la prueba de bondad de ajuste de Chi cuadrado ( $\chi^2$ ).

Tipo forestal			Subtipo forestal	
Asociación	Género	Densidad	Distribución	Desarrollo
Puro	Eucalyptus spp, Pinus spp, Otros	Denso	Regular y bajo distanciamiento entre plantas	Monte alto, >15 m de altura
				Monte medio, 8-15 m de altura
Mixto	Más de un género	Ralo	Irregular y/o alto distanciamiento	Monte bajo, <8 m de altura

**Tabla 3.** Variables de clasificación de tipos forestales observados en el terreno para unidades de la clase de *Monte comercial*, identificadas por interpretación visual de imágenes

**RESULTADOS**

**Mapa forestal**

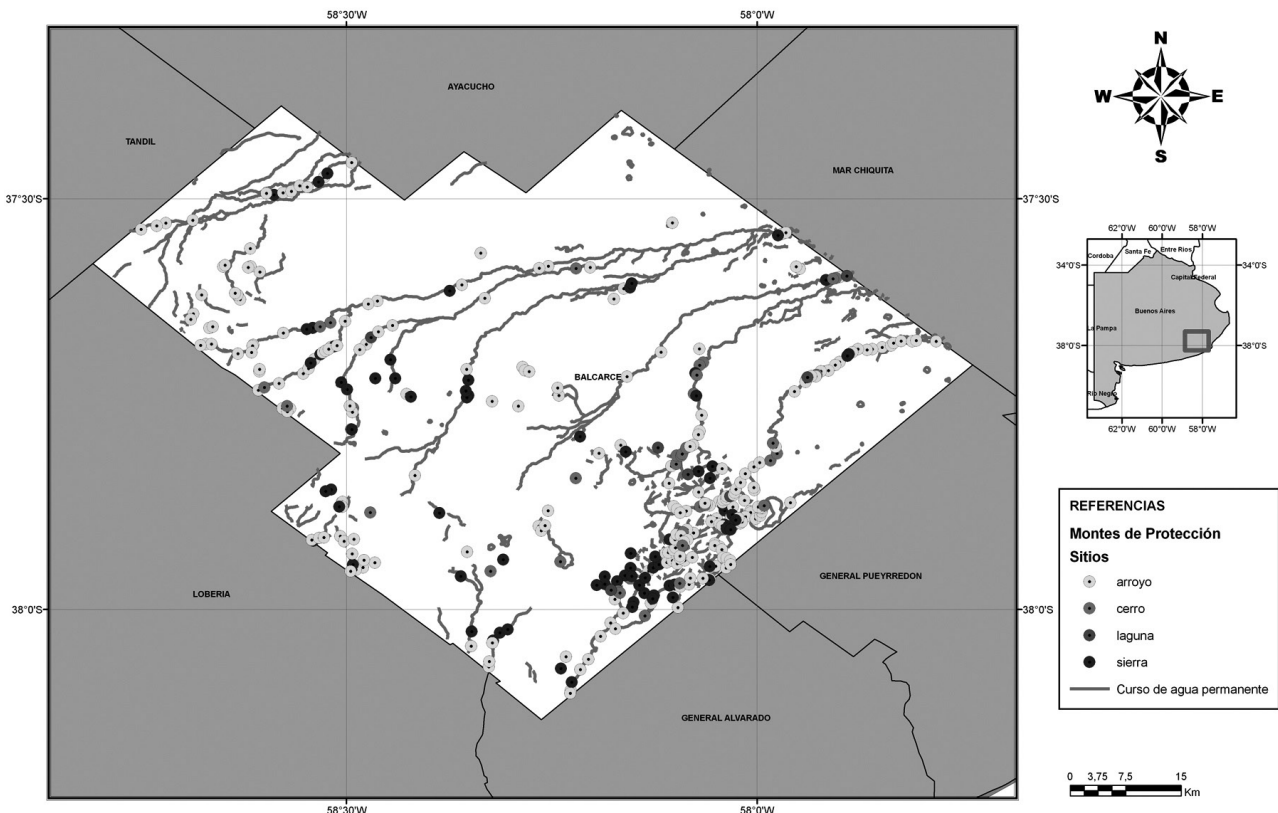
El mapa forestal obtenido, contiene todas las unidades forestales identificadas por interpretación visual del mosaico de imágenes de Google Earth® disponible al mes de noviembre de 2011. A su vez, éste fue estructurado en un sistema de información geográfica (SIG) que agrupa en distintas capas con sus correspondientes atributos a las unidades de cada clase forestal (figuras 3, 4, 5, 6 y 7). Dicha tarea se completó en 206 horas de trabajo de laboratorio, barriéndose visualmente las 412.111 ha del partido. En total se identificaron 5.711 unidades forestales distribuidas en las cinco categorías (tabla 4). En el caso de la clase macizo comercial, los cálculos de superficie de polígonos digitalizados arrojaron algo más de 3.000 ha de varias clases de montes (figura 8).

En relación a mapas físicos y políticos del partido, Tomás *et al.* (2005), lograron establecer algunos patrones de distribución de las unidades cartografiadas. Con excepción de los montes de protección (asociados mayormente a cursos de agua) la densidad espacial de las unidades forestales de las restantes clases resultó máxima en el cuadrante suroeste del partido y mínima en el noreste (figuras 4, 5, 6 y 7). En los sectores de relieve más bajo predominaron los montes de reparo, los montes de poblaciones y las cortinas cortaviento por sobre los macizos comerciales. Los montes de población se relacionaron con la superficie y número de

lotes catastrales (figura 9), a razón de uno, y hasta tres, por lote. En la periferia de centros urbanos, donde los lotes son de menor extensión, su densidad espacial fue mayor. Los macizos comerciales estuvieron distribuidos algo más uniformemente en el territorio (los de mayor extensión vinculados al eje de la ruta nacional N.º 226 -figura 7-) y asociados a grandes lotes catastrales (figura 9). También se observó una mayor densidad de montes de protección en las márgenes de arroyos y en los faldeos serranos (figura 10).

En el recorrido de campo se identificaron 150 unidades de un total de 165 localizadas sobre mapas de transectas de muestreo (2,9% del total de unidades cartografiadas en el partido), que cubrieron aproximadamente 5.400 ha (1,3% de la superficie total). Todas las unidades identificadas en el terreno se correspondieron con unidades identificadas en el mapa de muestreo. Los resultados de la prueba de bondad de ajuste *Chi* cuadrado para dicha supervisión se muestran en la tabla 5. El valor  $\chi^2$  calculado (1,9132) fue menor al  $\chi^2$  tabulado (9,4877), lo que indica que las diferencias no fueron significativas para un nivel de confianza del 95%.

En los recorridos en terreno para la identificación y caracterización de la clase *Macizos comerciales*, se supervisaron 144 unidades con una extensión aproximada de 880 ha, que representan el 29,2% de la superficie cartografiada para esta clase de monte. De ese área, el 29% (255,4 ha) fue identificado como monte mixto, con asocia-



**Figura 3.** Mapa forestal del partido de Balcarce. Clase: Monte de protección.

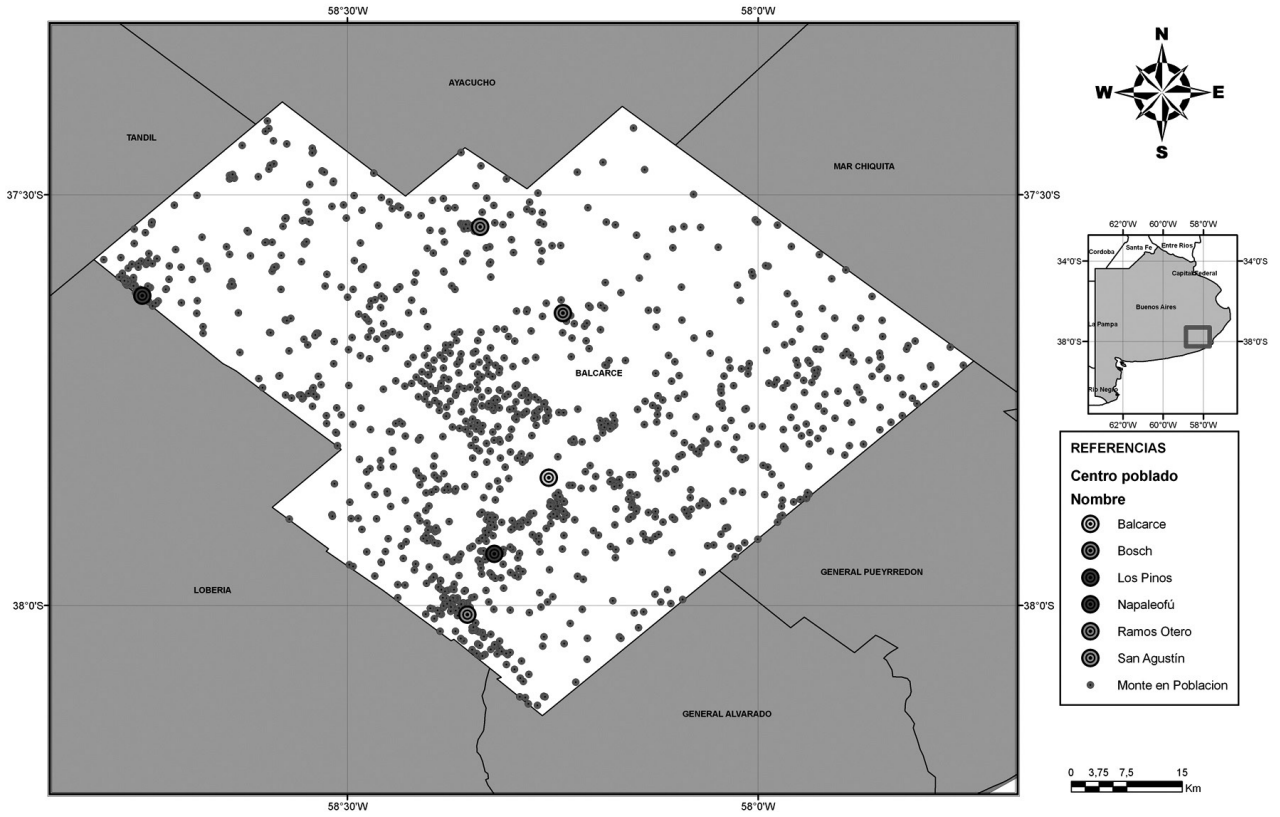


Figura 4. Mapa forestal del partido de Balcarce. Clase: Monte de población

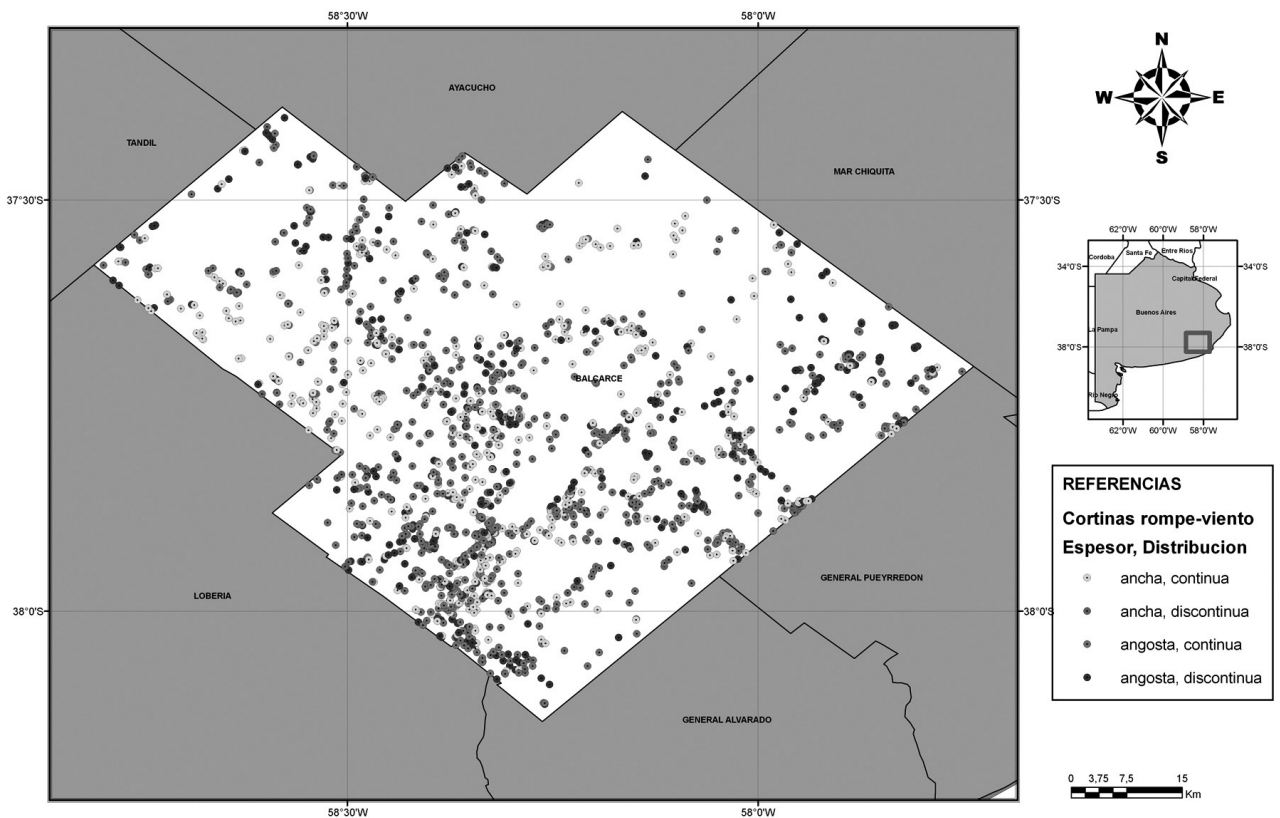


Figura 5. Mapa forestal del partido de Balcarce. Clase: Cortina cortaviento



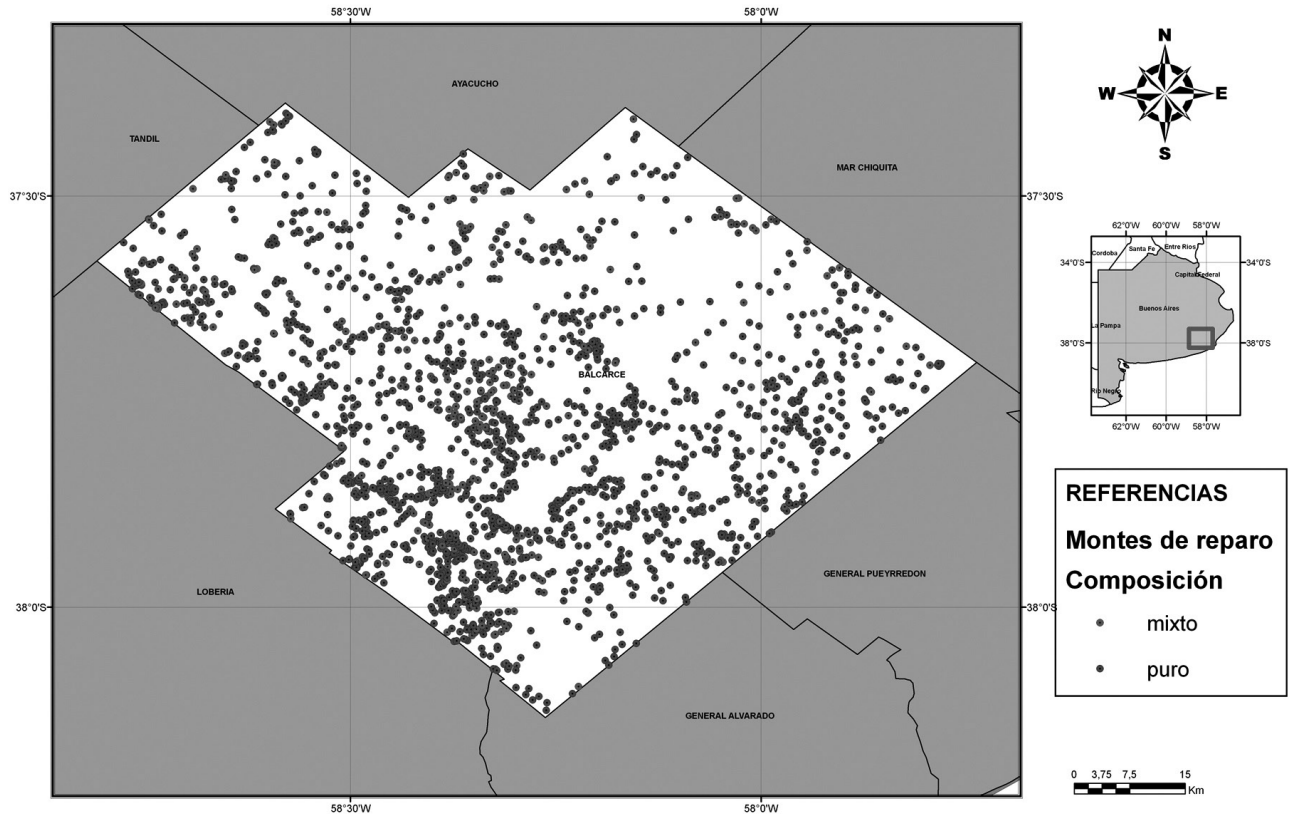


Figura 6. Mapa forestal del partido de Balcarce. Clase: Monte de Reparación

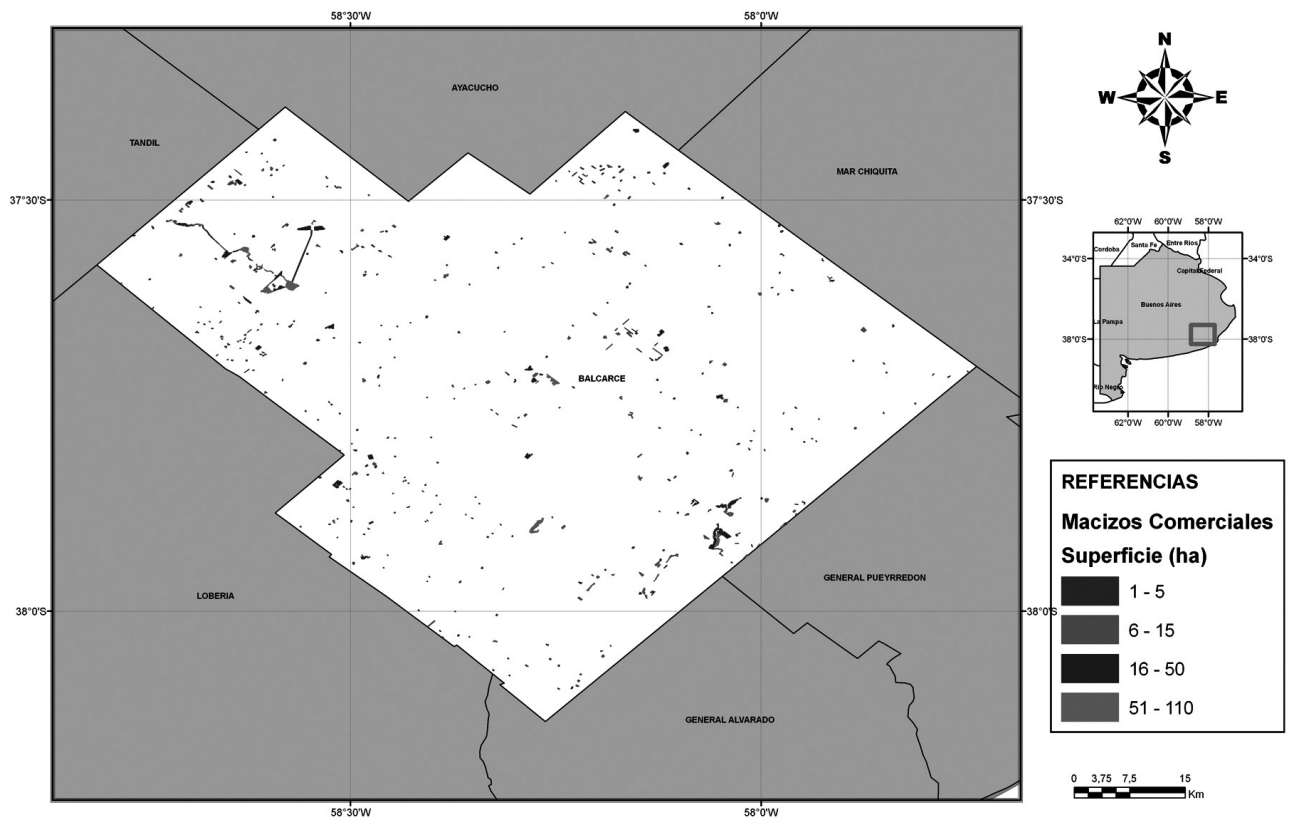
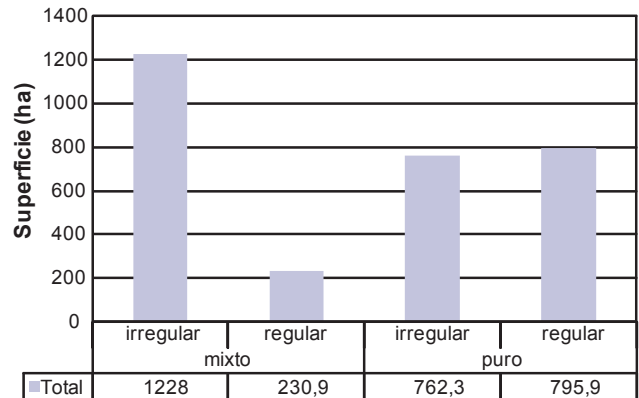


Figura 7. Mapa forestal del partido de Balcarce. Clase: Macizo comercial

ciones de especies de *Eucalyptus*, *Pinus*, *Populus*, *Salix*, o de *Acacia melanoxylon*. El porcentaje restante, del 71% (624,2 ha) fue identificado como monte puro, de los géneros *Eucalyptus* (92%), *Pinus* (7,3%) u otros (0,7%, *Populus* spp, *Salix* spp, *Robinia pseudoacacia*, *Gleditsia* spp, etc.). La distribución según tipos de *Macizos comerciales* se muestra en la tabla 6.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El análisis visual de imágenes del software Google Earth® permitió elaborar un mapa de clases forestales con técnicas simples y con un grado de precisión aceptable para estudios regionales. En general, la calidad de imágenes, su alta definición y el fuerte contraste de las formaciones arbóreas en la matriz agroganadera, permitió identificar y delimitar fácilmente las unidades forestales para generar el SIG. Los elementos fotográficos considerados y las posibilidades de aumento de escala de observación facilitaron la identificación de montes. Una fuente error fue la disimilitud de fechas de captura de las imágenes que conforman el mosaico del partido, que variaron en términos de años. Este tipo de error podría ser importante en el caso de forestaciones jóvenes o de muy bajo desarrollo actual, no discernibles en las imágenes utilizadas más antiguas. Sin embargo, con la incorporación de datos de forestaciones recientes, a partir de información de los sistemas de promoción forestal (DBF 2011b), se mejoró el registro de



**Figura 8.** Distribución de la superficie total (3.017,1 ha) de Macizos comerciales en el partido de Balcarce según composición (puro/mixto) y distribución de copas (regular/ irregular)

la clase macizo comercial, tanto en número de unidades como en superficie plantada.

El uso del software Google Earth®, de baja complejidad y de acceso libre, permitirá que los datos generados por este estudio puedan transferirse fácilmente para la utilización directa de distintos actores con objetivos de estimaciones de producción, ordenamiento del uso del suelo y planeamiento en general. Las capas generadas, "edita-

Clase	Categoría		Subtotal	Total
Macizo comercial	Puro	Irregular	173	493
		Regular	142	
	Mixto	Irregular	132	
		Regular	46	
Monte de reparo	Puro		1.618	2.051
	Mixto		433	
Cortina cortaviento	Ancha	Continua	523	1.679
		Discontinua	105	
	Angosta	Continua	722	
		Discontinua	329	
Monte de protección	Arroyo		236	357
	Cerro		35	
	Laguna		7	
	Sierra		79	
Monte de población	Rural		1.131	1.131
<b>Total unidades forestadas</b>				<b>5.711</b>

**Tabla 4.** Número de unidades forestales identificadas por clase y categorías observadas

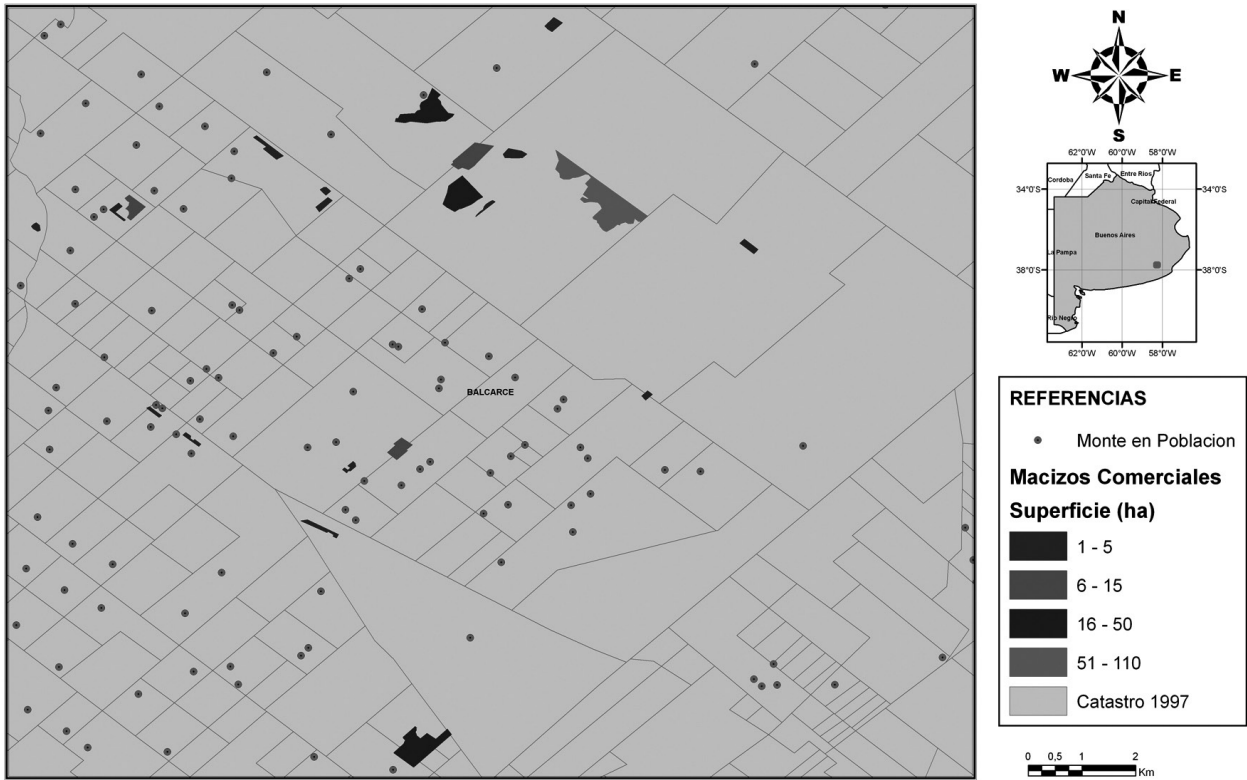


Figura 9. Asociación de montes de población y de macizos comerciales con lotes catastrales, en un sector del partido de Balcarce.

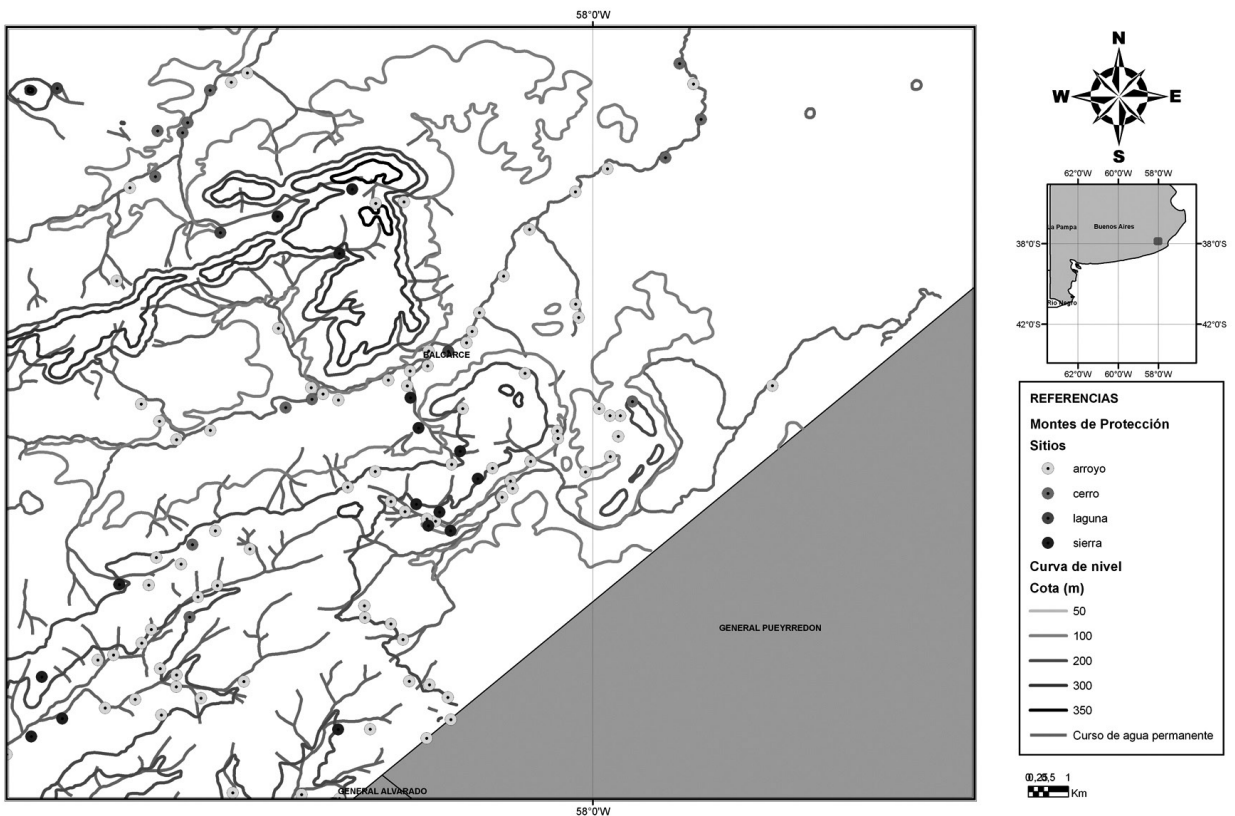


Figura 10. Asociación de montes de protección con arroyos y sierras, evidenciada a través del cruzamiento del mapa forestal con curvas de nivel (líneas oscuras) y la red de drenaje (líneas claras) en un sector del partido de Balcarce

Clase	Observ	Esp	(Obs-esp) <sup>2</sup>
			Esp
Macizo comercial	13	14	0,07
Monte de reparo	35	37	0,11
Cortina cortaviento	60	71	1,7
Monte de protección	9	9	0
Monte de población	33	34	0,03
Total	150	165	$\chi^2 = 1,9132$
			$\chi^2_{4\text{ gl}; 0,05} \quad 9,4877$

**Tabla 5.** Prueba Chi cuadrado para la validación de las unidades cartográficas. Los datos observados (OBS) se corresponden con los supervisados en el campo y los esperados (ESP) con los identificados en imágenes en transectas de supervisión

bles”, pueden ser reclasificadas según se profundice en el análisis y pueden compararse con otros mapas para otros objetivos de estudio. En este trabajo, la comparación con mapas del Atlas Digital de Balcarce (Tomás *et al.*, 2005) permitió identificar algunos patrones de distribución y densidad de los montes y cortinas forestales. En el caso de Balcarce pudo observarse el cambio en número y densidad espacial de formaciones arbóreas vinculado a la fisiografía y a la división catastral del partido.

Comparativamente con otras metodologías que utilizan como soporte imágenes de acceso gratuito y programas de procesamiento de código abierto y gratuitos, en los mapas elaborados mediante la utilización del software Google Earth® y las imágenes que éste provee, es posible identificar con mayor precisión las unidades forestales y delimitar los polígonos, obteniéndose resultados más confiables en tiempos operativos comparativamente más cortos. Cabe señalar al respecto, que en procedimientos habituales de mapeo forestal basa-

dos en la utilización de imágenes Landsat, se utiliza complementariamente el software Google Earth® para aumentar la precisión de sus resultados, particularmente en áreas donde las abundan unidades forestales pequeñas y dispersas (MAA 2011), como es el caso del partido de Balcarce.

A través de la metodología propuesta se logró identificar y categorizar las existencias forestales del partido. Sin embargo, para el caso de la categoría macizo comercial no es posible asegurar, en términos reales, el carácter industrial de dichas plantaciones, ya que si bien pudo haber sido el destino inicial de las mismas, hoy se encuentra condicionado por otras variables no medidas en este trabajo, como el estado sanitario, el tamaño relativo del parche, la calidad de madera, etc.

Por otra parte, la supervisión realizada permitió evaluar parcialmente el método aplicado, aunque dada la extensión del partido sería necesario aumentar el número de unidades supervisadas, como así también lograr un mayor acceso a los predios para evaluar calidad y crecimiento de plantaciones, aspecto que fue limitante en este estudio para contar con mayor información.

Este trabajo entonces contribuyó a conocer cualitativamente el patrimonio forestal del partido de Balcarce, con una aproximación a su extensión para el caso de los montes comerciales, y puede ser de utilidad para el diseño e implementación de políticas públicas locales de uso forestal incluyendo la producción maderable, la generación de servicios ambientales de valor para otras producciones locales y para el mejoramiento del hábitat en poblaciones urbanas y rurales del partido.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Laboratorio de Geomática del INTA EEA Balcarce, a Hernán Angelini, Emilio Maceira, Sebastián Galarco, Daniel Mónaco, así como a los productores del partido que facilitaron el acceso para tareas de campo. A su vez se agradece el aporte realizado por los revisores anónimos de la Revista de Investigación Agropecuaria por el aporte en favor de la calidad del informe. El presente trabajo se realizó en el marco del proyecto (INTA) PNFOR 2215.

Distribución de superficies de la clase Monte comercial, según variables supervisadas								
Asociación	Género	Alto		Medio		Bajo		Total
		Denso	Ralo	Denso	Ralo	Denso	Ralo	
Mixto	Más de uno	23,9	22,5	179,5	28,3	1,2	0	255,4
Puro	<i>Eucalyptus</i> sp	448	36,5	68,7	2,4	19	0	574,6
	<i>Pinus</i> sp	24,5	0	20,8	0	0	0	45,3
	Otros	2	0	1,3	0	1	0	4,3
Total		498,4	59	270,3	30,7	21,2	0	879,6

**Tabla 6.** Distribución de superficies de la clase monte comercial, según variables supervisadas



## BIBLIOGRAFÍA

- ÁREA ECONOMÍA Y SOCIOLOGÍA RURAL (AEYSR) DEL INTA, ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGROPECUARIA BALCARCE, 2008. Zonas Agroeconómicas en el área de influencia de la EEA Balcarce. Identificación de la zona. Ambiente. Disponible en <http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/econo/analisis/zonas/IIIF.htm>. Último acceso: octubre 2011.
- AVERY, T.E.; BERLIN, G.L. 1985. Fundamentals of remote sensing and airphoto interpretation. 5th edition. MacMillan Publishing Company, New York. 472 pp.
- BRANDÁN, S.; CORINALDESI, L.; FRISA, C. 2010. Sector Forestal 2009. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Área de Economía e Información de la Dirección de Producción Forestal. 35 pp. Disponible en [http://64.76.123.202/new/0-0/forestacion/archivos\\_estadisticas2/sector%20forestal%202009.pdf](http://64.76.123.202/new/0-0/forestacion/archivos_estadisticas2/sector%20forestal%202009.pdf). Último acceso: abril 2013.
- CABRERA, A. 1976. Regiones Fitogeográficas Argentinas. En: Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Editorial ACME (segunda edición). Buenos Aires, Argentina. 85 pp.
- CENTRO DE INVESTIGACIONES TERRITORIALES Y AMBIENTALES BONAERENSES (CITAB) - BANCO DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES (BPBA), 2005. Datos Estadísticos e información general. Bosques y Montes implantados. EAP con límites definidos. Superficie implantada por especie según partido. Disponible en <http://www.bapro.com.ar/citab/estadisticas/0206%20Bosques%20y%20Montes%20implantados%20Indec%202001.pdf>. Último acceso: octubre 2011.
- CULOT, J.P.H. 2000. Caracterización edafo-climática de la región sudeste de la Pcia. de Bs. As. para E. globulus. - Primer Seminario Internacional de E. globulus en la Argentina. Mar del Plata. 8 pp.
- DEPARTAMENTO DE INSPECCIÓN GENERAL - MUNICIPALIDAD DE BALCARCE (DIG-MB), 2010. Informe: Comercios e Industrias habilitados relacionados con la madera. Balcarce. 2pp. Informe inédito.
- DIGITAL GLOBE. Content Collection. Satélites. Disponible en <http://www.digitalglobe.com/about-us/content-collection#satellites>. Último acceso: noviembre 2011.
- DILLON, G. 2000. Aplicación de un conjunto de técnicas silviculturales intensivas en la producción de E. globulus. - Primer Seminario Internacional de E. globulus en la Argentina. Mar del Plata, 18 pp.
- DIRECCIÓN DE BOSQUES Y FORESTACIÓN DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES (DBF), 2011a. Informe: Situación de los planes inscriptos al Plan de Incentivos a la Actividad Forestal. Años 2005-2010. Disponible en <http://www.maa.gba.gov.ar/2010/SubPED/Agricultura/Bosques%20y%20Forestacion>. Último acceso: octubre 2011.
- DIRECCIÓN DE BOSQUES Y FORESTACIÓN DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES (DBF), 2011b. Informe: Situación del partido de Balcarce: Presentaciones a la Ley 25080 y al Plan de Incentivo Forestal durante el periodo 2001-2010. 2pp.
- ETCHEGARAY, A. 2000. Panorama de la actividad forestal en el sudeste de la provincia de Buenos Aires. - Primer Seminario Internacional de E. globulus en la Argentina. Mar del Plata. 4 pp.
- GONZÁLEZ ITURBE AHUMADA, J.A. 2004. Libro: Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. Sección V: Sensores remotos y manejo de información geográfica. Capítulo 16: Introducción a la percepción remota. pp.: 507. Disponible en <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/429/sensores.pdf>. Último acceso: noviembre 2011.
- GOOSEN, D. 1968. Interpretación de fotos aéreas y su importancia en levantamiento de suelos. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 58 pp.
- INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA (INTA). PROYECTO: RED DE INFORMACIÓN AGROPECUARIA PAMPEANA (RIAP), 2011. RIAP en el ámbito zonal. Descripción Zona Agroecológica III. Subzona III- F: Balcarce. Disponible en <http://www.inta.gov.ar/balcarce/riap/zonal.htm#IIIF>. Último acceso: octubre 2011.
- INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA (INTA). SECRETARÍA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE. DIRECCIÓN DE RECURSOS FORESTALES NATIVOS. DIRECCIÓN DE FAUNA Y FLORA SILVESTRE. SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, PESCA Y ALIMENTOS (SAGPYA). DIRECCIÓN DE FORESTACIÓN. ADMINISTRACIÓN DE PARQUES NACIONALES, 2002. Informe: Primer reporte argentino para el proceso de Montreal. Disponible en <http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/Pmontreal/File/recuadros%20marginales/Versin%20Oficial%20PM%202003.pdf>. Último acceso: octubre 2011.
- MINISTERIO DE ASUNTOS AGRARIOS (MAA), 2005. Nuestra Provincia. Nuestro Campo. El sector agropecuario de la Provincia de Buenos Aires. Subsecretaría de Control Alimentario y Uso de los Recursos Naturales y Pesqueros, del Ministerio de Asuntos Agrarios, 147 pp.
- MINISTERIO DE ASUNTOS AGRARIOS (MAA), 2011. Inventario de macizos forestales de Eucalyptus globulus Labill en el sudeste de la provincia de Buenos Aires. Ministerio de Asuntos Agrarios, Provincia de Buenos Aires, 30 pp. Disponible en <http://www.maa.gba.gov.ar/2010/SubPED/Agricultura/archivos/LibroPDF2.pdf>. Último acceso: abril 2013.
- MINISTERIO DE ASUNTOS AGRARIOS (MAA), 2007. Buenos Aires Forestal, Argentina. Subsecretaría de Calidad Agroalimentaria y Uso Agropecuario de los Recursos Naturales, del Ministerio de Asuntos Agrarios, 29 pp.
- MOHAME, E. 2005. GIS and Remote Sensing for Natural Resource Mapping and Management. Disponible en <http://www.geospatialworld.net/Paper/Application/ArticleView.aspx?aid=425>. Último acceso: abril 2005.
- MOSCHINI, R.C.; CONTI, H.A.; ALONSO, M.; RODRÍGUEZ TRAVERSO, J.M.; NAKAMA, V.; ALFIERI, A. 2000. Delimitación de áreas de aptitud climática para el cultivo de eucaliptos en la región pampeana. Rev. SAGPYA Forestal, N. °15: 2-11.
- NAKAMA, V.; LUPI, A.M.; FERRERE, P.; ALFIERI, A. 2004. Las Plantaciones Forestales como sumideros de Carbono atmosférico: Estudio de caso en la provincia de Buenos Aires. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo - Paraná, Entre Ríos. 10 pp.
- SANDOVAL, V.; TRINCADO, G. 2002. Fotogrametría y Fotointerpretación Forestal, Cuadernos del Mefo N.º 6. Instituto de Manejo Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Valdivia. 54 p.
- TOMÁS, M.; FARENGA, M.; BERNASCONI, M.V.; MARTINEZ, G.; MASSONE, H.; CABRIA, F.; CALANDRONI, M.; DILLON, G.; MAZZANTI, D.; PASTORIZA, E.; PILCIC, T.; ESPINOSA, A.; LANARI, M.E.; LÓPEZ, M.T.; LÓPEZ, J.; SALGADO, P. 2005. Atlas Digital del Partido de Balcarce Provincia de Buenos Aires, República Argentina. Rev. Cartográfica 80-81:91-106.