

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE ORIGEN FORESTAL: ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN BOSQUES URBANOS UBICADOS EN LA COSTA ATLÁNTICA DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES (ARGENTINA)

Forest ecosystem services: carbon storage in urban forests located on the Atlantic coast in Buenos Aires province (Argentina)

Gaspari, Fernanda¹; Denegri, Gerardo²; Rodríguez Vagaría, Alfonso¹; Cellini, Manuel³;
Acciaresi, Gustavo²

¹Curso Manejo de Cuencas, FCAF, UNLP²; FCAF, UNLP; ³Curso Biometría Forestal, FCAF,
UNLP
gasparifernanda@gmail.com

Palabras clave: forestación, servicios forestales, cambio climático, turismo.

Resumen

El objetivo del trabajo fue estimar el carbono almacenado en bosques urbanos ubicados en la costa atlántica bonaerense. Se trabajó en plantaciones ubicadas en Mar de Las Pampas (Villa Gesell, Buenos Aires). La estimación de carbono en las plantaciones forestales, compuestas mayoritariamente por *Pinus spp*, se realizó mediante un inventario forestal y el empleo de ecuaciones de volumen, alométricas y coeficientes de expansión aplicados al cálculo de la biomasa del fuste y el porcentaje de biomasa radicular por especie, paso previo a la extrapolación a la superficie de cada estrato. La evaluación de carbono almacenado registró la existencia de 7.753 toneladas con un promedio por hectárea de 132,2 toneladas. Se destaca la necesidad de manejar las plantaciones para evitar o morigerar el riesgo de fuga del carbono almacenado (incendios y plagas), con el consecuente impacto en la actividad turística local.

Abstract

The objective of the work was to estimate the carbon stored in urban forests located on the Atlantic coast of Buenos Aires. We worked in urban forests located in Mar de Las Pampas (Villa Gesell, Buenos Aires). The estimation of carbon in forest plantations, composed mainly of *Pinus spp*, was carried out through a forest inventory and the use of volume, allometric equations and expansion coefficients applied to the calculation of stem biomass and the percentage of root biomass by species, previous step to the extrapolation to the surface of each stratum. The stored carbon evaluation registered the existence of 37.753 tons with an average per hectare of 132,2 tons. The need to manage plantations to avoid or mitigate the risk of carbon leakage (fires and pests) is highlighted, with the consequent impact on local tourism activity.

Introducción

El análisis de los servicios o beneficios que proveen los ecosistemas a las sociedades humanas representa un enfoque de investigación relativamente reciente que se ha difundido gracias a que establece un vínculo explícito entre el bienestar humano y el adecuado funcionamiento de los ecosistemas (Balvanera *et al.*, 2010). Según Delgado (2016), a nivel internacional, el concepto de servicios ecosistémicos (SE) es el más extendido, principalmente en la literatura relacionada con ecología, mientras que la literatura económica utiliza en mayor medida el término de servicios ambientales (SA), entendidos como “Los bienes y servicios que las personas obtenemos a partir de nuestro entorno natural”. Por su parte, los servicios ecosistémicos se definen como los componentes y procesos de los ecosistemas que son consumidos, disfrutados o que conducen a aumentar el bienestar humano considerando la demanda de los beneficiarios, así como la dinámica de los ecosistemas (Balvanera *et al.*, 2010).

En el marco del concepto de SE, se encuentran los de origen forestal (Denegri *et al.*, 2018), quien menciona a los servicios relativos a regulación hídrica; conservación de la biodiversidad; generación de espacios de descanso y recreación; almacenamiento y secuestro de carbono, conservación del suelo; defensa de la identidad cultural, calidad de vida y aspectos recreativos (turismo). Las plantaciones forestales contribuyen a la generación de “paisajes turísticos”,

tendencia creciente a nivel mundial y nivel local. A los efectos de este trabajo se entiende como paisaje a un territorio heterogéneo compuesto por un conjunto de ecosistemas en interacción que se repiten de forma similar (Muñoz Pedreros, 2004). En relación a los servicios ecosistémicos originados por bosques, plantaciones forestales y árboles fuera del bosque, debe introducirse en esta problemática la idea de “bosques urbanos”, entendidos como “los árboles, arbustos y demás plantas que crecen en la propia comunidad y en sus alrededores (Moll *et al.*, 1987).” Las masas forestales objeto de este trabajo ubicadas en el cordón dunoso de la provincia de Buenos Aires pueden ser incluidas en este concepto.

El área que incluye las forestaciones ubicadas en este trabajo corresponde a una formación de médanos uniforme que recorre el litoral marítimo, a lo largo de 180 kilómetros, desde el inicio del mar argentino en Punta Rasa y que culmina en la albufera de Mar Chiquita (Orellano *et al.* 2003). Esta región presenta la mayor concentración de asentamientos turísticos (15 urbanizaciones principales) y diversas modalidades de inclusión del árbol en el paisaje turístico según la localidad (forestaciones monoespecíficas, parches de distintas especies y árboles individuales). Para el año 2000, la región presentaba una superficie de 8.900 ha forestadas, (Orellano *et al.*, 2003). Actualmente, proveen diversos servicios ambientales (SA), entre los cuales se encuentra la fijación y el almacenamiento de carbono y la contribución, en mayor o menor medida, al desarrollo del turismo. El objetivo del trabajo fue estimar el carbono almacenado en bosques urbanos ubicados en la costa atlántica bonaerense.

Materiales y métodos

La masa forestal estudiada conforma la “infraestructura verde” que acompañó la evolución de la localidad turística de Mar de Las Pampas, ubicada a 8 kilómetros al sur de Villa Gesell. Actualmente, la localidad constituye un destino turístico relevante dentro de la oferta de la costa atlántica bonaerense; el acervo forestal es un componente central de su oferta turística. La superficie que contiene diferentes masas forestales en cuanto a densidades y composición, medida sobre imagen satelital, es de 285,35ha. La forestación se halla compuesta mayoritariamente por coníferas del género *Pinus spp.* También se encuentran latifoliadas, como *Eucalyptus spp* y, en menor proporción, *Acacia longifolia*.

A fin de alcanzar el objetivo planteado sin dañar a los individuos a medir, se estableció como principio no apelar a métodos destructivos de la población forestal, aún asumiendo la existencia de un posible mayor error, circunstancia aceptable para esta etapa de primera aproximación en la magnitud y la situación del stock de carbono existente en las plantaciones. Así, se recurrió al empleo de ecuaciones de volumen y alométricas. Los modelos alométricos son funciones que estiman las relaciones entre biomasa, volumen y carbono total del árbol en función de variables de fácil medición comúnmente utilizadas: altura, diámetro a la altura del pecho (1,30 m) (Husch *et al.*, 1982; Parresol, 1999; Acosta *et al.*, 2002).

Con el objeto de obtener las variables predictivas se realizó un inventario forestal mediante un muestreo estratificado aleatorio, según los diferentes estratos detectados en imagen y recorridas a campo (Figura 1). Las distintas clases o estratos definidos fueron: uso residencial, zona costera, forestal claro/forestal oscuro (según porcentaje de superficie cubierta por árboles), zona comercial y zona no urbanizable. La figura 1 permite también observar la ubicación de las 68 parcelas en la zona inventariada (285 ha). Se emplearon parcelas circulares de diámetro variable (40, 20 y 15 m), según la variabilidad y existencias del rodal medido. En cada parcela se contaron todos los individuos y se midió su diámetro a la altura del pecho (DAP) mediante cinta diamétrica e hipsómetro, respectivamente. Lo propio se hizo con la altura de aquellos ejemplares que eran representativos dentro de cada parcela y potencialmente aptos para el posterior ajuste de ecuaciones de altura/diámetro. También se relevó el estado fitosanitario y la forma, entre otras observaciones relevantes. La superficie total muestreada fue de 21.410,2 m², determinando un porcentaje de muestreo del 0,75%. El error resultante del muestreo realizado fue de un 18,76% (con un 95% de probabilidad)

Seguidamente se calculó en gabinete para cada uno de los individuos de las diferentes especies y parcelas área basal, volumen, biomasa total (diferenciada en aérea y subterránea) y el carbono total existente. Las especies identificadas en las parcelas fueron: *Acacia melanoxylon*, *Cupressus sempervirens*, *Casuarina cunninghamiana*, *Eucalyptus globulus*, *Myoporum sp*, *Pinus radiata*, *Pinus pinea*, *Populus deltoides* y *Salix alba*.

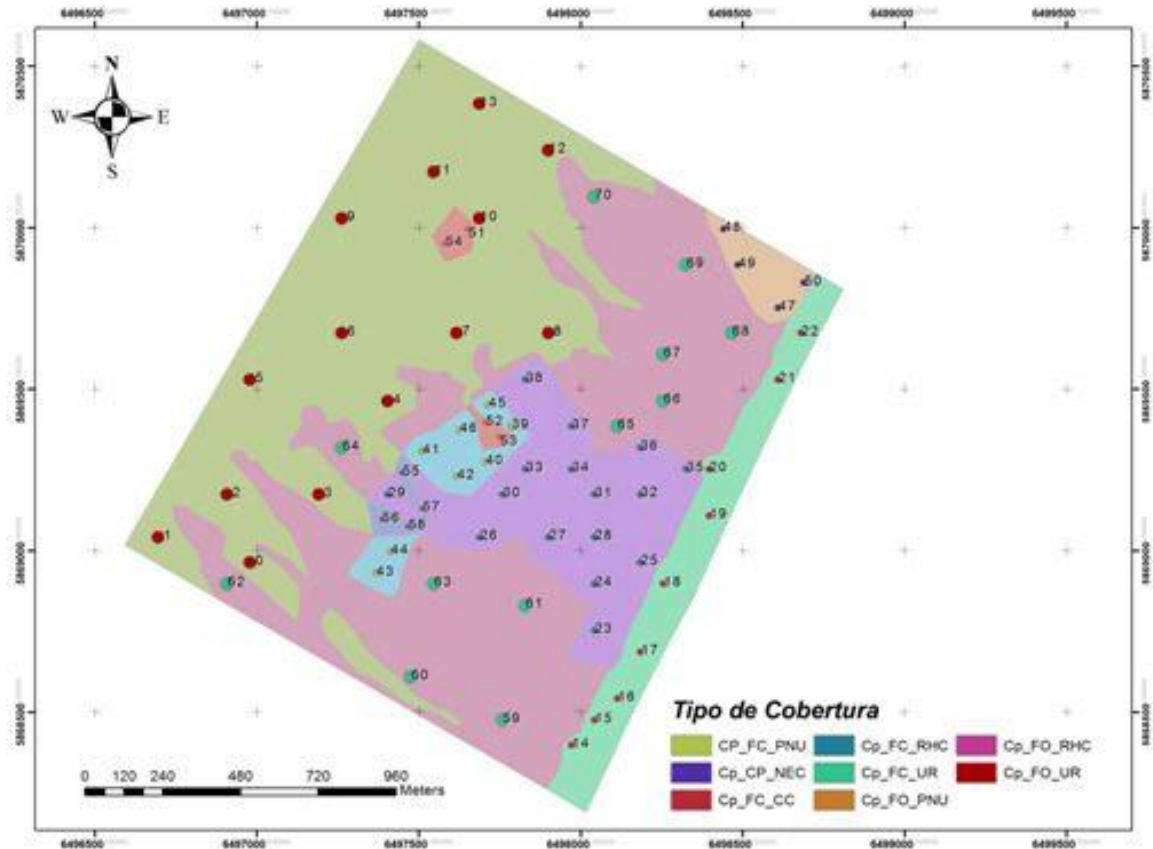


Figura 1. Distribución de parcelas y estratos de cobertura del suelo.

El stock de biomasa aérea por especie y por parcela se estimó según la disponibilidad y exigencias de cada ecuación de volumen y/o alométrica disponible. En base a la especie, ecuaciones y datos de campo relevados, se recurrió al empleo de la densidad consignada por la bibliografía disponible y los factores de conversión y expansión de biomasa por defecto (BCEF) informados por las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, 2006. La biomasa subterránea, por su parte, se estimó como un porcentaje de la parte aérea, también en base a la fuente precitada. Se destaca que en todas las especies los coeficientes empleados variaron según los rangos de existencias expresadas en m^3/ha , tal como indica el IPCC. Para todas las estimaciones se asumió el valor más conservador a fin de no sobreestimar el carbono almacenado por especie.

Resultados

La Tabla 2 contiene la estimación de carbono almacenado para cada uno de los estratos con su correspondiente total para toda la masa forestal evaluada. Se observa que el total de carbono existente en la superficie analizada sería de 37.753,27 t, magnitud equivalente a 138.428,64 t de CO_2 (cifra comparable con la emisión estimada anual de CO_2 de 61.000 vehículos). Las existencias promedio para los diferentes estratos es de 132,2 t/ha.

Tabla 2. Estimación de existencias de Carbono

Estratos	Promedio C estrato muestreado (t/ha)	Superficie muestreada (m^2)	Superficie estrato (m^2)	Superficie estrato (ha)	C por estrato (t)
Noreste costero	119,09	530,14	53.300,00	5,3	634,73
Cordón costero	49,15	1.590,43	216.800,00	21,7	1.065,61
Público no urbanizable	135,02	2.513,27	84.500,00	8,5	1.140,93
Residencial hotelero/comercial (Forestal claro)	95,02	3.750,28	375.200,00	37,5	3.565,17

Estratos	Promedio C estrato muestreado (t/ha)	Superficie muestreada (m ²)	Superficie estrato (m ²)	Superficie estrato (ha)	C por estrato (t)
Urbano residencial (Forestal claro)	111,38	8.069,97	1.004.200,00	100,4	11.184,98
Público no urbanizable	105,98	981,75	23.500,00	2,4	249,05
Residencial hotelero/comercial (Forestal oscuro)	261,48	530,14	15.700,00	1,6	410,53
Urbano residencial (Forestal oscuro)	180,53	3.436,12	1.080.300,00	108,0	19.502,26
Totales	132,2	21.402,10	2.853.500,00	285,35	37.753,27

Conclusiones

El secuestro de carbono en las forestaciones es un complejo campo de conocimientos, que abarca distintas escalas, metodologías y dimensiones de análisis, bajo diferentes marcos conceptuales. Para una evaluación integral de su magnitud e implicancias (positivas y negativas) se debe conocer con un mayor nivel de detalle los estados de todos los reservorios de carbono del sistema y su dinámica. En este trabajo la metodología empleada fue adecuada para una primera determinación sólo aproximativa del stock de carbono presente en las plantaciones forestales, dada la condición de premuestreo del estudio. La obtención de un menor nivel de error demandará la intensificación del muestreo y la obtención de muestras de cada especie a fin de calcular densidades y crecimientos por parcela y estrato. Se destaca la vulnerabilidad o riesgo de pérdida por emisión del carbono almacenado (incendios, plagas y mortandad por competencia), dada la falta de manejo de las masas forestales estudiadas. En el mismo sentido, se señala la amenaza al modelo de desarrollo turístico basado en la existencia de estas plantaciones forestales, las cuales requieren acciones de manejo a la brevedad con el objeto de asegurar el mantenimiento de los beneficios derivados de estos sistemas.

Bibliografía

- ACOSTA M. M., VARGAS, H. J., VELÁZQUEZ, M. A. y B. J. D. ETCHEVERS. 2002. Estimación de la biomasa aérea mediante el uso de relaciones alométricas en seis especies arbóreas en Oaxaca, México. *Agrociencia*. 36 (6):725-736.
- BALVANERA, P.; CASTILLO, A.; LAZOS CHAVERO, E.; CABALLERO, K.; QUIJAS, S.; FLORES, A.; GALICIA, C.; MARTÍNEZ, L.; SALDAÑA, A.; SÁNCHEZ, M.; MAASS, M.; ÁVILA, P.; MARTÍNEZ, Y.; GALINDO, L.M. y J. SARUKHÁN. (2010). "Marcos conceptuales interdisciplinarios para el estudio de los servicios ecosistémicos en América Latina", en Laterra P.; Jobaggy E.G. y Paruelo J.M. (2010). Edic. INTA.
- DELGADO, I. En "Valoración de servicios ambientales para el ordenamiento agrohidrológico en cuencas hidrográficas". Gaspari, F. J., & Senisterra, G. E. (2016). ISBN 978-950-34-1324-1. Ed. UNLP, Argentina
- DENEGRI, G, RODRÍGUEZ VAGARÍA A., MIJAILOFF J., MÁRSICO, J. y G. ACCIARESÍ. 2018. "BOSQUES URBANOS: su aporte al turismo en la costa atlántica norte de Argentina". *Estudios y Perspectivas en turismo.* Volumen 27 (2018) pp.316–335. BsAs. Centro de Investig.-Estudios en Turismo.
- HUSCH, B. MILLER, C.I. Y T.W. BEERS.1982. *Forest mensuration*. US, John Willey and Sons. 402 p.
- IPCC, GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO. 2006. *Directrices del IPCC para el 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, vol4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. Cap. 10.* http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/
- MOLL, G., GANGLOFF, D., MOLL, G., y D. GANGLOFF. (1987). "Silvicultura urbana en los Estados Unidos." *Revista Unasylva* 155 (39): 36, 45.
- MUÑOZ PEDRERO, A. (2004). "La evaluación del paisaje: una herramienta de gestión ambiental", en *Rev.Chil. Hist. Nat.* (75): 139-156.
- ORELLANO, H., ISLA, F. y V. JUÁREZ. (2003) "Implementación de un SIG en la evaluación de la aptitud para prácticas forestales en el litoral bonaerense". *Boletim Paranaense de Geociências*, 53, 27-34.
- PARRESOL, B. R. 1999. Assessing tree and stand biomass: a review with examples and critical comparisons. *Forest Science* 45(4): 573–593.

Agradecimientos: a los estudiantes de la carrera de ingeniería forestal de la UNLP, Juan Mársico y Julián Mijailoff por la participación tareas de campo y el análisis en gabinete.