

AGROFORESTERIA PERIURBANA UNA OPCIÓN PARA LA PRODUCCIÓN SUSTENTABLE EN LOS ALREDEDORES DE BUENOS AIRES

PERIURBAN AGROFORESTRY AN OPTION FOR SUSTAINABLE PRODUCTION IN WATERSHEDS

Civeira Hermida, Gabriela.¹

Resumen

La agricultura urbana puede incluir cultivos comestibles y puede servir para bioenergía. La asociación de distintas especies agrícolas y forestales se denomina agroforestería, esta práctica puede ser realizada en predios de pequeñas dimensiones como los que existen en las ciudades. La agroforestería periurbana permite secuestrar carbono y obtener energía en un mismo sitio, mejorando la calidad de vida en las ciudades. El objetivo de este trabajo es evaluar la posibilidad de disminuir las emisiones de carbono, lograr la producción de alimentos y energía en áreas periurbanas, mediante la aplicación de la agroforestería. Se estimó el secuestro de carbono, la energía eléctrica y calorífica a nivel municipal para el área metropolitana de Buenos Aires (AMBA). Las estimaciones determinaron un secuestro de carbono entre 200 y 400 000 t por año. La energía calorífica presentó niveles entre 0.5 y 200 MJ, dependiendo la cantidad de hectáreas de cada municipio. La energía eléctrica presentó niveles entre 10 y 15 000 kW. La agroforestería es una opción que permite lograr la generación de fuentes de trabajo, alimentos, bioenergía y la reducción de los gases efecto invernadero. Lo anteriormente propuesto genera ciudades más limpias y sustentables en todas las dimensiones.

Palabras clave: agroenergía, sistemas agroforestales periurbanos, biomasa, seguridad alimentaria, secuestro de carbono

Abstract

Urban agriculture includes edible and energy crops. The association of various agricultural and forest species is called agroforestry, this practice can be made in smaller sized properties that exist in the cities. The peri-urban agroforestry can sequester carbon and obtain energy all in one place, improving the quality of life in cities. The objective of this work is to evaluate the possibility of reducing the emissions of C, achieve food and energy production in peri-urban areas, through the implementation of agroforestry. C sequestration, electricity and heat at the municipal level for the metropolitan area of Buenos Aires (AMBA) energy were estimated. C sequestration estimates were between 200 and 400 000 t per year. The heat energy estimated levels between 0.5 and 200 MJ, depending on the number of hectares of each municipality. The estimated power levels were between 10 and 15 000 kW. Agroforestry is an option that achieves the generation of jobs, food, bioenergy and the reduction of greenhouse gases. Agroforestry will generate cleaner and sustainable cities in all dimensions.

Keywords: agro energy, periurban agroforestry, biomass, food security, carbon sequestration.

¹Instituto de Suelos CIRN CNIA INTA. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Belgrado. Argentina. civeira.gabriela@inta.gob.ar

Introducción

Las áreas urbanas y periurbanas presentan grandes niveles de consumo de materiales y energía. Además de generar altos niveles de contaminación, las actividades humanas dentro de ellas influyen en gran medida a los procesos de cambio climático. Los ecosistemas satisfacen las demandas humanas actuando como fuente de recursos o como destino de los residuos. Actualmente, en las ciudades vive más de la mitad de la población mundial, y estos residentes ejercen presión sobre los recursos ambientales. Para sostener el consumo en los ecosistemas urbanos grandes cantidades de material y energía son extraídas dentro y fuera de las ciudades, esto determina que los ecosistemas urbanos sean altamente dependientes y frágiles [1]. Las estadísticas indican que la población mundial tiende a concentrarse en ciudades y una de las consecuencias de este crecimiento es la expansión de los bordes de la ciudad, dando lugar a inmensos suburbios en los que se asienta la mayor parte de la población. En Buenos Aires, la expansión de la ciudad a lo largo de las décadas se ha producido por el crecimiento del área urbanizada en los partidos periféricos al Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA). El incremento del área urbanizada se ha producido tanto por el crecimiento de población y su demanda de vivienda, como por el traslado de población que residía en Capital Federal o los partidos denominados del primer “cordón metropolitano”. Se observa, entonces, el avance urbano hacia el oeste, noroeste y sureste. Esta población tiene una elevada demanda de alimentos y energía que podría ser sustentada mediante un adecuado manejo de los recursos que presenta su propio ecosistema urbano [2, 3].

Dentro y alrededor de las ciudades existen prácticas poco desarrolladas que pueden disminuir los niveles de contaminación, a su vez generar energías limpias y garantizar la seguridad alimentaria. Entre estas actividades se puede nombrar a la agricultura urbana y periurbana (AUP). La agricultura urbana y periurbana (AUP) es definida como la práctica que permite cultivar plantas (comestibles: hortalizas y granos y ornamentales: forestales y flores) y criar animales dentro de ambientes urbanos y periurbanos. Debido a esto, la AUP ha crecido en importancia ya que juega un rol fundamental en la seguridad alimentaria y además permite modificar: el paisaje, los espacios verdes, la economía urbana, la pequeña agroindustria familiar (creación de fuentes de empleo), los usos de la energía (impulso a energías alternativas y renovables, reciclado de

residuos orgánicos e inorgánicos), los canales de comercialización y la contaminación y degradación de suelos, aire y agua (reutilización de RSU mediante compostaje, recuperación de suelos) [4]. En la Argentina existe dentro y alrededor de varias ciudades predios que pueden ser utilizados para llevar a cabo la AUP con un enfoque que incluya cultivos comestibles y cultivos para otros usos como los forestales [5, 6]. La asociación de distintas especies agrícolas y forestales se denomina agroforestería, esta práctica es realizada en predios de pequeñas dimensiones como los que existen en las ciudades, sin embargo hasta el momento no ha sido desarrollada en gran medida en las ciudades.

La agroforestería en áreas periurbanas adquiere gran importancia en la actualidad, ya que integra varias especialidades disciplinarias y temas problemáticos como la sustentabilidad urbana, la seguridad alimentaria y la pobreza. A nivel mundial, la forestación provee varios beneficios económicos y ambientales. Además, la vinculación de la forestación y la agricultura en pequeñas parcelas desempeña papeles similares, y es cada vez más reconocida por su contribución a la solución de problemas de energía, la mejora de la conservación de la biodiversidad, frente a la deforestación y la mitigación del cambio climático. Debido a que las tasas de deforestación continúan aumentando en algunos países, los gobiernos se enfrentan al desafío de encontrar enfoques que pueden reducir la deforestación y proporcionar medios de vida, además de lograr la protección del medio ambiente. Gran parte de estas políticas se centran en la promoción de las fincas forestales a través de incentivos que alientan a los productores para establecer y administrar sus propias fuentes de madera y productos no madereros en sus tierras de cultivo [7]. A través de los sistemas agroforestales pueden ser aprovechados terrenos con menor valor para la agricultura convencional, por ejemplo por su grado de erosión y/o porque se encuentran en áreas periurbanas. La implementación de sistemas agroforestales protege y regenera la biodiversidad local, mejora la calidad del suelo, posibilita la infiltración del agua de lluvia, asegurando que el afluyente llegue a las vertientes y el almacenamiento hídrico subterráneo [8]. También, permite obtener varios beneficios: generación de empleos, debido a la necesidad de mano de obra para la producción de cultivos y forestales, aserraderos, centros de acopio, mercados de productos frutihortícolas, plantas de procesamiento de residuos de la madera para obtención de energía, y construcción de viviendas. Todas estas actividades permiten mejorar la calidad

de vida de los que intervienen directa e indirectamente en la actividad.

La articulación entre la agricultura periurbana y la agroforestería periurbana permitiría el uso sustentable del territorio en las zonas densamente pobladas, esta vinculación podría lograr una solución para los problemas de alimentación y la falta de energía en varias áreas donde se encuentra una gran densidad poblacional como las ciudades. Además, si ambas prácticas unidas son implementadas dentro de las cuencas de ciudades con problemas de inundaciones, los cuales provienen de napas cercanas a la superficie y cursos de agua que se desbordan, podrían disminuir estos problemas debido a que la agroforestería periurbana podría consumir el agua en exceso que proviene de las fuentes cercanas a las ciudades y equilibrar estos ecosistemas. Estos resultados pueden ser muy variables dependiendo de la especie arbórea, composición de los sistemas, del manejo que se brinde a los árboles y cultivos, del manejo del suelo, y también de las condiciones climáticas y geográficas que pueden influir en los valores de fijación de carbono. Por lo tanto, es necesario analizar cada lugar en particular para comprender el funcionamiento de estos sistemas. En el AMBA aun no se han hecho estimaciones de este tipo. Este trabajo pretende obtener una aproximación de lo que podría obtenerse en relación al consumo de agua, retención de carbono y generación de energía mediante la implementación de estos agrosistemas. Finalmente, el análisis de lo anteriormente propuesto permitiría generar ciudades más limpias y sustentables en todas las dimensiones. Analizar la factibilidad del manejo agroforestal, estimar las posibilidades de consumo de agua, retención de C, obtención de energía y capacidad de generar fuentes de trabajo a nivel de municipios en la cuenca Matanza Riachuelo es el propósito de este trabajo.

Metodología de análisis y fuentes de información

La metodología de investigación utilizada en este trabajo es la presentada en la obra de Montagnini [9], que incluye cuatro pasos: caracterización de un área, selección de sistemas agroforestales, manejo y evaluación del sistema agroforestal. Sobre esta hipótesis fueron tomados como base para el análisis los conceptos teóricos suministrados por los especialistas a través de recopilación de los trabajos bibliográficos, así como la información obtenida para el AMBA de los datos estadísticos y observaciones de trabajos de campo, cuyo marco

referencial permitieron arribar a las proposiciones expuestas. El contenido de este planteo se presenta teniendo en cuenta, en primer lugar, las condiciones de los municipios del AMBA como escenario propicio para su aplicación, analizando tanto los aspectos ambientales que se consideran prioritarios y son la base de la concepción de la propuesta, como la situación socioeconómica que caracteriza a la mayor parte de la población local. Finalmente, el marco de la propuesta toma como referencia las características generales de las zonas suburbanas metropolitanas, su evolución y su estructura socioeconómica, buscando alcanzar la sustentabilidad en el escenario del periurbano agrícola del AMBA.

Propuesta de gestión: implementación del sistema agroforestal en el periurbano

El sistema agroforestal propuesto es una variante del denominado huerto casero. Estos son una combinación de plantas, que incluye árboles, arbustos, enredaderas y plantas herbáceas, cultivadas dentro de o adyacentes a una finca o conjunto familiar. Estos jardines o huertos son plantados y mantenidos por los miembros de la finca y sus productos son dedicados principalmente al consumo de la unidad familiar. Según Fernández y Nair [10], la palabra “huerto casero” ha sido usada para describir diversas prácticas, desde cultivar hortalizas detrás de las casas hasta sistemas complejos con multiestratos. Sin embargo, en este caso el término de “huerto casero” se utilizó para referirse a la asociación estrecha de árboles y arbustos de uso múltiple con cultivos perennes, anuales e, invariablemente, con ganado dentro de los conjuntos de casas individuales, y toda la unidad cultivo-árbol-animal se maneja con trabajo familiar. Los huertos caseros tienen una larga tradición en muchos países tropicales del mundo. La caracterización socioeconómica, estructural, ecológica y funcional del huerto casero o huerto forestal es escasa en algunas ecorregiones y en el AMBA no hay registros de su existencia y tampoco de estudios que contemplen su factibilidad de aplicación.

Condiciones actuales del AMBA

En el AMBA los tamaños de las explotaciones agropecuarias (EAPS) son medianas a pequeñas. En estos sitios las producciones intensivas, como horticultura y floricultura, son en la actualidad las

producciones más desarrolladas [11, 12, 13]. La presente propuesta de gestión impulsa la consolidación de un área de huertas en conjunto con la producción forestal sobre áreas que pueden tener producción agrícola en el AMBA. El fin es conservar la estructura predominantemente rural del sitio y proponer la producción de alimentos y energía para abastecer estas áreas y las áreas circundantes, mediante la comercialización de la producción. Las acciones planteadas en este trabajo procuran mostrar la posibilidad de obtener el desarrollo y la sustentabilidad de la producción de alimentos y energía en áreas periurbanas. Esto contribuirá a generar condiciones aptas para el desarrollo equitativo y el uso eficiente de los recursos.

Las condiciones de pobreza estructural (situación socioeconómica) de la población de la Región Pampeana puede ser evaluada a escala municipal a través de uno de sus indicadores: las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) [3, 14]. El concepto de necesidades básicas pone énfasis en la problemática de la pobreza y la inequidad social, orientándose fundamentalmente hacia la pobreza rural. Se observa que la mayor parte de los partidos de la provincia de Buenos Aires se ubican por debajo del promedio nacional (17.7 %). Sin embargo, estos valores son mayores en el AMBA. La preocupación se centra en el acceso desigual al uso de los recursos naturales esenciales como el agua, la alimentación, la energía, etc. Según datos del Instituto para la Pequeña Agricultura Familiar (IPAF) del INTA, ocho de cada diez habitantes de los asentamientos del área metropolitana Buenos Aires, son desplazados de zonas rurales. Los datos analizados indican que la economía metropolitana presenta una situación de gran inequidad debido, en gran parte, al aumento poblacional que experimentó en las últimas décadas y a la captación de los sectores de escasos recursos. Los ingresos medios, la distribución de los mismos y el nivel de educación de la mayor parte de la población del AMBA, especialmente las zonas periféricas o periurbanas, presentan entre media a baja condiciones. Gran parte de la población del AMBA depende de ayuda económica (planes asistenciales) para su subsistencia y, de no generarse nuevos puestos de trabajo, se generan situaciones donde se pierde la confianza en crear el propio futuro sobre la base del trabajo y la capacidad personal [3, 15]. Esta es una de las razones por las que la implementación de propuestas para mejorar los niveles de empleo y las condiciones de vida debe ser una prioridad.

Para implementar la agroforestería en áreas periurbanas es necesario tener en cuenta las hectáreas donde se pueden realizar legalmente las actividades agropecuarias. A continuación se muestran los datos y las fuentes a partir de los cuales se obtuvo la información para poder realizar las estimaciones de captura de carbono y generación de energía a partir de la propuesta de agroforestería periurbana [1] (Tabla 1). En el AMBA existe experiencia en la producción de cultivos agrícolas y forestación desde el siglo pasado [3, 16, 12]. Asimismo, los municipios presentan un elevado número de hectáreas donde pueden desarrollarse el sistema agroforestal propuesto. La propuesta en este trabajo es manejar la agroforestería con pequeños productores familiares y trabajadores que se encuentran en el conurbano, utilizando en muchos casos la experiencia previa en cultivos hortícolas y forestales. Los partidos donde las EAPs de la agricultura familiar ocupan mayor porcentaje (entre 55 % y 83 %) son los partidos de Tigre y Almirante Brown, en estos sitios se propone profundizar esta práctica [1, 12, 13] (Tabla 1). Teniendo en cuenta los usos permitidos en la cuenca, donde se puede realizar la implantación de especies arbóreas mediante un manejo agroforestal, se realizaron las estimaciones del posible consumo de agua, de captura de C y generación de energía en los municipios de la cuenca Matanza Riachuelo.

Tabla 1. Superficie de los municipios del AMBA y CABA con usos para la producción agropecuaria y pulmones verdes. Explotaciones agropecuarias en el área periurbana (EAPs) (fuente: Acumar, 2012, INDEC, 2002, INTA, 2011). Usos legales del suelo en la cuenca Matanza-Riachuelo.

<i>Municipio</i>	<i>Pulmones verdes</i> km ²	<i>Áreas prod. agropecuaria</i> km ²	<i>EAP</i> Cantidad
Caba	4.96		
Avellaneda	1.48	0.8	18
Lanus			
L. de Zamora	5.58	5.5	2
Alte Brown		32.21	40
La Matanza		140.54	72
E. Echeverría	15.04	45.54	8
Ezeiza	8.32	109.8	22
Merlo		71.9	55
Morón			
Cañuelas	2.85	1158.82	218
Marcos Paz	2.56	380.84	287
Gral. Las Heras	0.36	735.71	239
San Vicente		804.36	170
Pte. Perón		100.29	31
Total	41.19	3380.02	945
% Superficie cuenca	0.9	73	

Estimación del consumo de agua y retención de carbono

La agroforestería puede utilizar según el área donde se desarrolle aproximadamente 150 árboles por hectárea. Siendo conservadores el consumo medio de agua por día de una especie arbórea que se encuentra en crecimiento puede ser de 25 litros por árbol y por día [17]. Los sistemas agroforestales también tienen la ventaja de retener carbono en la biomasa forestal evitando su emisión a la atmósfera, estimaciones realizadas indican que en estos sistemas aproximadamente 150-200 árboles por hectárea acumulan $3 \text{ t C ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ [18]. Se propone una mezcla intensa de árboles: $150 \text{ árboles ha}^{-1}$. Asimismo, se propone una intensa mezcla de diferentes especies, sin predominio evidente de ninguna de ellas, con distribución amplia sobre el área de las especies hortícolas.

Si bien los valores utilizados para las estimaciones pueden ser muy variables, los cálculos realizados para cada municipio del AMBA fueron los siguientes: Consumo de agua en cada municipio (ML/año) = consumo de agua \times árbol \times n° árboles \times km^2 totales del municipio. Captura de C en cada municipio (t C año^{-1}) = t C acumulada por árbol \times n° árboles \times km^2 totales del municipio.

Estimación de la obtención de combustible como energía eléctrica y calorífica

Frente a los problemas de la primera generación de biocombustibles (a partir de cultivos como caña de azúcar, maíz, soya y palma aceitera), como por ejemplo su baja eficiencia energética. La industria, el gobierno y la academia, están desarrollando una "segunda generación" que superaría estos problemas, y también el de la competencia con los cultivos alimentarios. Entre los cultivos de segunda generación propuestos se destaca el etanol celulósico, el cual se genera a partir de celulosa: con los residuos de cosecha y de forrajes usados primero como alimento animal, de pasturas, o directamente, de árboles plantados a este fin [19]. Los biocombustibles a base de biomasa, como los de segunda generación, ofrecen más ventajas: la principal es que no utilizan agua para su transformación. Otra ventaja es que las reacciones se realizan a temperaturas más altas, esto permite diseñar reactores más rápidos y de menor tamaño y permiten contener un reactor en lugares pequeños, como en las áreas urbanas. En esta estrategia desempeña un papel clave el concepto de

biorrefinería que permite maximizar el valor de la agroenergía. Este concepto está basado en la transformación de todos los componentes en productos utilizables, como se realiza en una refinería de petróleo, mediante el cual se busca maximizar las ventajas, el aprovechamiento de los productos intermedios y añadir valor al producto [9]. La producción de bioenergía debe estar orientada hacia un desarrollo local sostenible, que favorezca tanto la inclusión de pequeños agricultores, al tiempo que se organicen en cooperativas para procesar y comercializar la materia prima bioenergética, como la agregación de valor a los productos, además de maximizar las oportunidades derivadas de la producción de agroenergía y minimizar los riesgos de afectar negativamente la seguridad alimentaria y el medio ambiente.

El cálculo de energía en kilovatios (kW) por municipio a partir de la biomasa de los árboles se realizó utilizando la siguiente ecuación: Energía (kW por municipio) = n° árboles \times biomasa árbol \times factor conversión biomasa a kW \times km^2 totales del municipio.

El cálculo de energía calorífica en mega joules (MJ) por municipio se realizó utilizando la siguiente ecuación: Energía (MJ por municipio) = n° árboles \times biomasa árbol \times factor conversión biomasa a MJ \times km^2 totales del municipio.

Los factores de conversión utilizados en ambas ecuaciones son los propuestos en la literatura internacional. Se considera para los cálculos que la producción de energía calorífica y eléctrica solamente es obtenida al final de la vida del árbol o en un solo turno de corte. En nuestro caso y según lo plantea la literatura internacional se propone un turno final de corte a los 15 años. El cual significa, para la cantidad de árboles propuesta en el párrafo anterior, una biomasa final de 3000 t en cada km^2 .

Resultados y discusión

Las posibilidades de las áreas urbanas y periurbanas para capturar carbono y consumir agua se muestran en las siguientes figuras. Se puede observar que los municipios de Esteban Echeverría y Ezeiza en sus áreas destinadas a espacios verdes presentan mayores posibilidades de consumir agua y retener carbono, si se utilizaran como zonas que incluyeran árboles como cortinas forestales en un manejo agroforestal o en una parquización con mayor número de árboles por hectárea (Figuras 1 y 2). Al analizar las posibilidades de captura de carbono y

consumo de agua en las áreas destinadas a actividades agropecuarias en cada municipio, se puede observar que los municipios de Cañuelas, Gral. Las Heras y San Vicente son los que presentan mayores valores de consumo y retención de agua y carbono, respectivamente (Figuras 3 y 4).

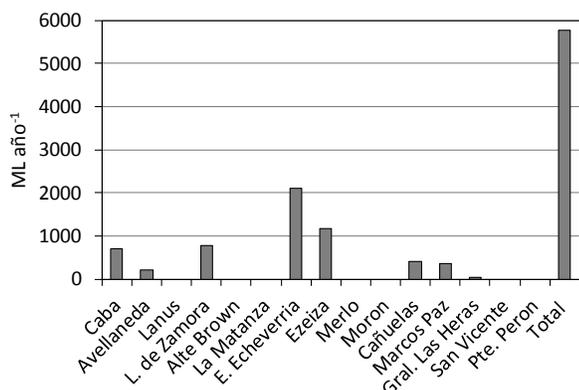


Figura 1. Estimación del consumo de agua en megalitros por año para las áreas destinadas a pulmones verdes en cada uno de los municipios que se encuentran en la cuenca Matanza Riachuelo.

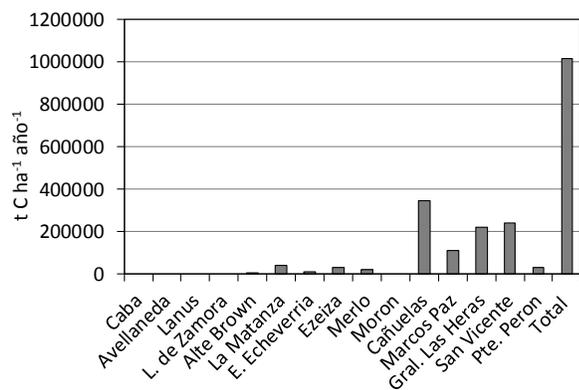


Figura 2. Estimación del carbono secuestrado por año para las áreas destinadas a pulmones verdes en cada uno de los municipios que se encuentran en la cuenca Matanza Riachuelo.

Algunos estudios han examinado el papel que los sistemas agroforestales realizados por pequeños agricultores pueden desempeñar en la mitigación de las emisiones de carbono. Woomer et al. [20] estimaron que 66 t ha^{-1} de carbono podría ser secuestrado en África oriental en pequeñas explotaciones agrícolas durante un período de 20 años, estos valores coinciden con las estimaciones realizadas en este trabajo. Asimismo, en la India, Maikhuri et al. [21] observaron que la acumulación de biomasa aérea en una plantación mixta en un sitio de tierras agrícolas abandonadas podía ser de $3.9 \text{ t C ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. En el oeste de África también se

evaluó el potencial de secuestro de C en los sistemas agroforestales el cual se pudo observar que estuvo entre los 28 y 85 t C ha^{-1} , datos que demuestran la similitud con las estimaciones realizadas en este trabajo para agroforestería periurbana.

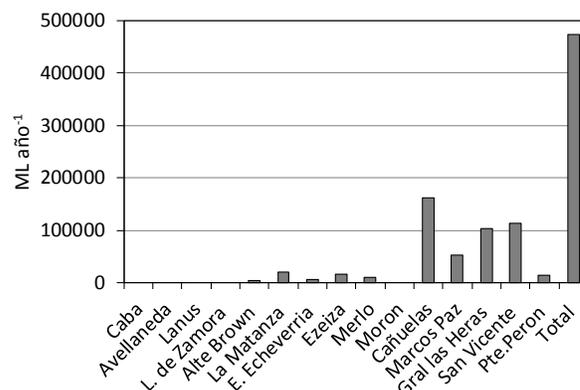


Figura 3. Estimación del consumo de agua en megalitros por año en total de las áreas destinadas a producciones agropecuarias en cada uno de los municipios que se encuentran en la cuenca Matanza Riachuelo.

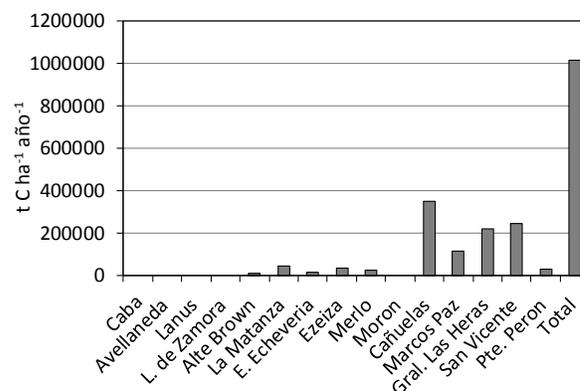


Figura 4. Estimación del carbono secuestrado por año en el total de las áreas destinadas a producciones agropecuarias en cada uno de los municipios que se encuentran en la cuenca Matanza Riachuelo.

En trabajos realizados sobre el secuestro de C y los beneficios de la agroforestería mediante el uso de modelos y teorías, también se pudo observar la posibilidad de disminuir las emisiones al ambiente [8]. Sin embargo, algunos autores han detectado la necesidad de seguir realizando estimaciones y evaluaciones sobre el potencial de la agroforestería. En este sentido, es necesario analizar la agroforestería realizada en producciones de pequeña escala y su influencia en el secuestro del carbono, debido a que aun existe muy poca cantidad de datos para áreas rurales y urbanas.

El desarrollo del mecanismo REDD+ va más allá de la deforestación y la degradación forestal, e incluye el papel de la conservación, la gestión sostenible de los bosques y el aumento de las reservas forestales de carbono en la reducción de emisiones. La agroforestería cae dentro de esta categoría. En la actualidad, muchos países carecen de la metodología para que los esquemas REDD+ puedan beneficiar a las poblaciones locales. La experiencia ha demostrado que las producciones en pequeña escala tienen dificultades para acceder a los instrumentos de financiación, tanto nacionales como internacionales. El Informe Stern, sobre la economía del cambio climático, señaló que en los países en desarrollo el esquema REDD+ podría ser una opción de mitigación para evitar el aumento de las emisiones de CO₂. También, favorecería el aumento de los sumideros y permitiría obtener un beneficio económico, mediante la implementación de la agroforestería en diferentes áreas manejada por pequeños productores [8].

Los datos obtenidos para el AMBA demuestran que la agricultura y las actividades forestales disponen, en principio, de un potencial considerable de mitigación de gases efecto invernadero (GEI). Según el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático se estima que el potencial mundial de mitigación correspondiente a la agricultura oscilará entre 5500 y 6000 Mt equivalente de CO₂ al año para el 2030. Es ampliamente reconocido que para mitigar el cambio climático es necesario solucionar el problema energético, esto se logra, con la disminución de los insumos de carbono en el suministro de energía [19]. Las opciones para lograr esto son: la utilización de energía nuclear, mejorar la eficiencia energética, aumentar la captura y secuestro de carbono y aumentar las fuentes renovables de energía. En esto último, desempeñan un papel clave los sistemas agroforestales integrados. La FAO considera que los sistemas que emplean desechos orgánicos, residuos agroforestales y fomentan la plantación de especies perennes para la generación de energía en tierras degradadas, como las de las áreas periurbanas relevadas en este trabajo, ofrecen un alto potencial de reducción de las emisiones de GEI. El mecanismo para un desarrollo limpio (MDL), que se estableció debido al Protocolo de Kyoto, tiene como objetivo obtener financiación internacional relacionada al carbono y destinarla a los proyectos de bioenergía. La finalidad es ayudar a los países en desarrollo a lograr el desarrollo sostenible y permitir que los países industrializados

cumplan con sus objetivos de reducción de las emisiones [7].

El enfoque que deben seguir los sistemas agroforestales integrados debe basarse en una visión holística y sistémica [7]. Primero se deben adaptar estos sistemas a los recursos disponibles y utilizar las ventajas comparativas de los cultivos locales, incluidos los árboles y arbustos. Se debe promover un cambio hacia sistemas más pequeños y autosustentables, en los que se integre la producción de alimentos, energía y materiales de construcción y lograr un aumento de la resiliencia de los agroecosistemas. El uso de la madera como combustible para producir energía tiene múltiples ventajas debido a que puede utilizarse para calefacción o energía eléctrica. Dependiendo del manejo, puede representar volúmenes en el tiempo o un volumen elevado de biomasa en el corte final.

En la región del AMBA, los municipios donde podrían obtener mayores niveles de energía mediante la agroforestería fueron San Vicente, Cañuelas, Gral. Las Heras y Marcos Paz (Figura 5, 6, 7 y 8). Los niveles de energía eléctrica y calorífica obtenidos son elevados, debido a que se planteó un manejo intensivo de las áreas verdes y destinadas a producciones agrícolas (150 árboles por hectárea). En este sentido, los valores son consistentes con otras estimaciones y análisis realizados a nivel mundial [19].

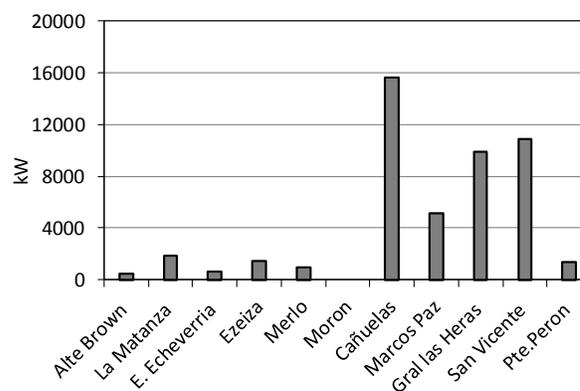


Figura 5. Estimación de la producción de energía eléctrica generada por árboles al final del turno de corte en las áreas destinadas a producciones agropecuarias de cada uno de los municipios que se encuentran en la cuenca Matanza Riachuelo. Las barras indican los kW estimados por hora.

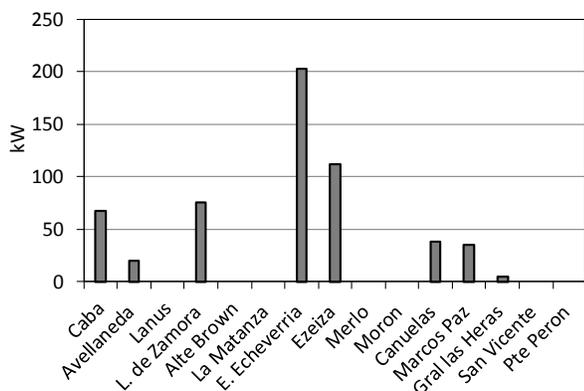


Figura 6. Estimación de la producción de energía eléctrica generada por árboles al final del turno de corte en áreas destinadas a pulmones verdes en cada uno de los municipios que se encuentran en la cuenca Matanza Riachuelo. Las barras indican los kW estimados por hora.

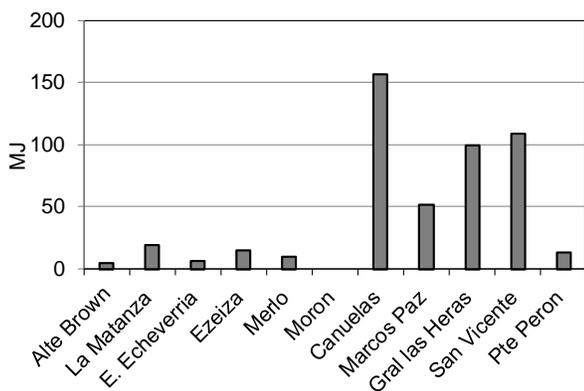


Figura 7. Estimación de producción de energía calorífica generada por árboles al final del turno de corte en las áreas destinadas a producciones agropecuarias en cada uno de los municipios que se encuentran en la cuenca Matanza Riachuelo. Las barras indican los MJ estimados por hora.

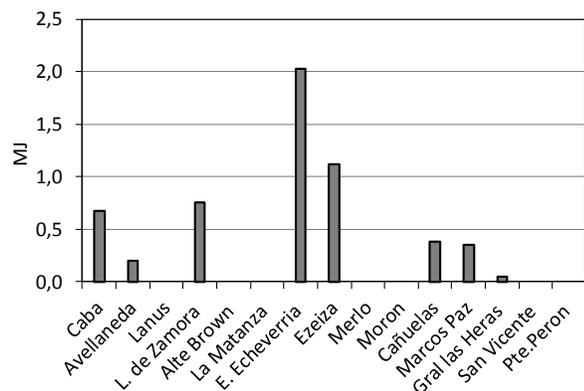


Figura 8. Estimación de producción de energía calorífica generada por árboles al final del turno de

corte en las áreas destinadas a pulmones verdes en cada uno de los municipios que se encuentran en la cuenca Matanza Riachuelo. Las barras indican los MJ estimados por hora.

Las fuentes para producir agroenergía son variadas. Pueden incluir la digestión anaeróbica para la producción de biogás, la gasificación y la pirolisis de biomasa para la producción de electricidad, leña y carbón vegetal, entre otras. En la actualidad, las alternativas tecnológicas más utilizadas son las asociadas a los biocombustibles líquidos. En general en el AMBA, los municipios que presentaron mayor posibilidad de obtención de energía eléctrica y calorífica se encuentran equilibrados en el territorio. De las figuras se desprende que el área urbana (CABA, Avellaneda y Lomas de Zamora) mediante el uso de los pulmones verdes para agroforestería, permitirá obtener los mayores niveles de energía (Figuras 6 y 8). En el área periurbana (Cañuelas, General Las Heras y San Vicente), la agroforestería en las zonas agropecuarias permitirá obtener también altos niveles de agroenergía, mejorando la situación del territorio (Figuras 5 y 7). Los valores fueron elevados en relación a otros trabajos que han estimado un valor calórico de $10\,500\text{ KJ kg}^{-1}$ a partir de lignina. Además, otra ventaja en la producción de bioetanol a partir de residuos lignocelulósicos, es que se pueden obtener otros productos de alto valor agregado: como prebióticos, antioxidantes, antimicrobianos, levadura residual y biogás, entre otros.

En Brasil y en Colombia, se han desarrollado experiencias efectivas en pequeñas destilerías para la producción de biocombustibles. Las consecuencias sociales del desarrollo de los biocombustibles dependen de la materia básica y del sistema de producción. Esto es porque la producción de algunos biocombustibles, especialmente el bioetanol, es más competitiva en la industria a gran escala. Esto último es debido al alto costo de la inversión relacionada con el proceso de elaboración [7]. Al resultar económicamente viables, el cultivo a pequeña escala de árboles y la utilización del biocombustible en la explotación o en la comunidad, permiten mejorar las economías rurales, mediante la descentralización del suministro energético. En algunos trabajos se ha demostrado que la agroenergía es un componente de la cadena de valor rural y que permite lograr la eficiencia de los recursos naturales [19]. Por lo tanto, es posible lograr buenos resultados en iniciativas a pequeña escala. La constitución de una biorrefinería permite convertir la biomasa en múltiples productos:

bioenergía, bioquímicos, bioalimentos y biomateriales. Permite obtener un valor agregado mayor que el generado por los combustibles fósiles. La pequeña escala de producción, que es la que puede llevarse a cabo en las áreas urbanas y periurbanas, también tiene ventajas. Entre estas se destacan: la disminución del transporte de productos (los insumos se generan en un gran porcentaje en las explotaciones agrícolas, y los productos intermedios y finales se utilizan en estas), la integración del flujo energético, la reducción de los ciclos de reciclaje (al reutilizar los residuos en estas explotaciones), el aumento de la fuerza laboral y la estructura organizativa en relación a la cadena productiva, entre otras.

Una de las críticas a la producción de alimentos y de materias primas para obtener agroenergía es que pueden generar erosión de los suelos. Sin embargo, esto depende de las técnicas de manejo utilizadas. Particularmente, el tipo de labranza, la rotación de los cultivos y la cobertura del suelo. En este sentido, en los lugares en que se utilizan cultivos perennes, como en la agroforestería, para la producción de agroenergía en vez de cultivos anuales la cobertura es permanente. Por lo tanto, la formación de las raíces, la plantación directa, la rotación, el intercalado y la diversificación de cultivos para alimentos, permiten mejorar la gestión del suelo y reducir la erosión [7, 19]. La adopción de buenas prácticas agrícolas, mejora la biodiversidad y los hábitats silvestres. Asimismo, la introducción de la agroforestería permite el mantenimiento de parches ecológicos, así como la utilización sostenible de fuentes de biomasa de árboles como materias básicas. El desarrollo de sistemas locales de producción de alimentos y energía, mediante la combinación de cultivos y la utilización para la producción de energía o la cobertura del suelo, puede evitar las pérdidas y lograr que aumente la productividad general del sistema de generación de alimentos y energía.

Como se propuso a lo largo de esta sección, la producción de bioenergía mediante la agroforestería debe estar orientada hacia el desarrollo local sostenible. Debe lograr la inclusión de pequeños agricultores, permitir su organización en cooperativas para procesar y comercializar el insumo bioenergético. Asimismo, debe generar la agregación de valor en los productos, además de maximizar las oportunidades derivadas de la producción de agroenergía y permitir lograr la seguridad alimentaria y cuidar el medio ambiente. Lo anterior se obtiene mediante la investigación y un análisis como el propuesto en este estudio.

Asimismo, este análisis permitió evaluar estrategias y oportunidades para hacer frente a situaciones de escasez y adaptarse al cambio climático. Para este propósito, este estudio logró los objetivos de la FAO que considera que para lograr un desarrollo sustentable se deberían lograr:

Desarrollar tecnologías de producción y procesamiento que utilicen recursos locales y con un alto aprovechamiento de la materia prima.

Mejorar la eficiencia física y económica de la producción de materias primas y los procesos de conversión de los biocombustibles, incluso a pequeña escala, para poder beneficiar a los pequeños agricultores a través del autoconsumo de energías limpias.

Identificar nuevas tecnologías y prácticas para la adaptación al cambio climático en los sectores de la agricultura, la energía y el transporte.

Utilizar eficientemente los residuos para la producción de energía.

Realizar análisis económicos considerando los biocombustibles de segunda generación, en diferentes contextos socioculturales.

Evaluar el potencial de producción de biocombustibles de segunda generación en tierras marginales.

Para poder lograr desarrollar todo el potencial de la agroenergía, es necesario gestionar un crecimiento de forma sostenible para poder lograr los requisitos de las dimensiones social, económica, y ambiental que comprende la sustentabilidad. En relación a los criterios de sustentabilidad más apropiados, aún no se ha logrado el consenso y no se han obtenido conclusiones generales. Por lo tanto, este es un aspecto que necesita ser evaluado y analizado. Este trabajo es un insumo para lograr comprender que estas formas de uso del territorio pueden ser adecuadas para las áreas periurbanas y pueden proveer soluciones a problemas concretos como la necesidad de alimentos y energía, mejorando el uso de los recursos en zonas con altos niveles de población.

Beneficiarios finales

La agroforestería es una producción que utiliza considerable mano de obra al momento de la implantación de los árboles, seguidamente según el tipo de producción asociada, continúa empleando un gran número. Las actividades que utilizan mano de obra en la producción forestal en la agroforestería

son la repoblación, el mantenimiento y la selección de brotes. Los crecimientos medios pueden ser de $10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ observados en plantaciones ya establecidas. Las plantaciones pueden tener diferentes edades de corte dependiendo de la calidad del sitio.

Debido a que en este caso se propone asociar a la producción forestal con la producción hortícola, la mano de obra a utilizar será elevada y continua a lo largo del año. Esto generará un gran número de empleos en el área donde se encuentra concentrada la mayor parte de la población a nivel nacional [13, 22]. En estas áreas donde existe gran porcentaje de la población sin una vivienda digna, el aprovechamiento de la madera también podría ser importante como insumo para la construcción de las mismas, logrando una utilización completa a nivel local de los productos de la agroforestería. El aprovechamiento de la madera a cosecha también utiliza mano de obra eventual. Además, la obtención de madera de calidad para aserraderos, que se propone obtener en este tipo de producción, utilizará mano de obra *full time*. Esto se debe a que la instalación de aserraderos en el área será una necesidad para procesar la madera y venderla en el mercado. Por otro lado, el procesamiento de los residuos de la producción para la producción de energía también es una actividad que requiere mano de obra permanente.

El concepto de desarrollo sustentable postula el alcance de los objetivos del desarrollo como el bienestar social y el aumento de la productividad económica a partir de la adopción de criterios de sustentabilidad ecológica en el uso de los recursos naturales a largo plazo. La agroforestería periurbana propone al desarrollo sustentable como medio necesario para alcanzar el bienestar social a partir del reconocimiento y mantenimiento de las condiciones ecológicas necesarias para sustentar la vida humana a un nivel específico de bienestar a través de las generaciones futuras.

Conclusiones

En el AMBA existe una zonificación del uso del territorio donde se encuentran delimitadas áreas agrícolas. Asimismo, el AMBA presenta un gran porcentaje de la población con necesidades básicas insatisfechas debido a elevadas tasas de desempleo, entre otras causas. Es en este sitio en donde se propone generar una alternativa de producción que involucre a los actores locales. Se plantea un proyecto de desarrollo para obtener un empleo que les permita autoabastecerse, cubrir sus necesidades

básicas, de energía y a su vez generar un emprendimiento donde puedan vender los excedentes producidos a los mercados locales.

Este proyecto propone mejorar las condiciones socioeconómicas de los habitantes de las áreas del conurbano donde la producción agroforestal aparece como una opción adecuada. La propuesta realizada para efectuar agroforestería en diversas áreas de los municipios de la cuenca Matanza Riachuelo, permitiría obtener elevados consumos de agua y retención de C en la biomasa forestal. Esto estaría mejorando las condiciones de vida de los ciudadanos al disminuir los niveles de agua de las napas y las emisiones de gases efecto invernadero del AMBA. Asimismo, estas prácticas ayudan a disminuir las vulnerabilidades ante catástrofes naturales como las inundaciones que estamos padeciendo en los últimos años en la cuenca. Como beneficio adicional, este tipo de producción aporta a la mejora de uno de los problemas más relevantes en las ciudades, debido a que disminuye las emisiones de gases efecto invernadero a la atmósfera. Esto permite aumentar los beneficios ambientales de la inclusión de estas prácticas en las áreas cercanas a las ciudades, donde las emisiones de gases efecto invernadero son uno de los principales problemas que afrontan actualmente las zonas urbanas.

Referencias

- [1] Zezza, A., Tasciotti, L. (2010). Urban agriculture, poverty, and food security: Empirical evidence from a sample of developing countries, *Food Policy* 35, 265-273.
- [2] Barsky, A. (2002). Agricultura periurbana: Diagnóstico socio-ambiental del impacto de las actividades del sector primario del partido de Moreno. Conferencia electrónica sobre agricultura urbana. Resource Centre on Urban Agriculture and Forestry (RUAF), Leusden.
- [3] Rivas I. S. (2010). Gestión ambiental para el ordenamiento territorial del partido de Florencio Varela, AREA METROPOLITANA DE BUENOS AIRES. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 66 (4): 535 - 543
- [4] Obuobie, E., Keraita B., Danso, G. Amoah, P. Cofie, O.O. Raschid-Sally, L. Drechsel, P. (2006). Irrigated urban vegetable production in Ghana: Characteristics, benefits and risks. IWMI-RUAF IDRC-CPWF, Accra, Ghana: IWMI, 150 pp.
- [5] Civeira G. (2012). Agrosistemas: evaluación actual y estrategias de gestión ambiental: Funcionamiento de los ecosistemas agrícolas y sus tecnologías de restauración y regeneración (Spanish Edition). Editorial Académica Española, 56 pp. ISBN 978-3-659-06073-1.
- [6] Muschietti, M.P., Civeira, G. (2013). Pautas para la evaluación de los riesgos ambientales. Principios básicos para su implementación. (Spanish Edition). Editorial Académica Española, 73 pp. ISBN 978-3-659-06585-9.

- [7] FAO (2013). <http://www.fao.org/forestry/9469/en/>.
- [8] Thangataa P.H., Hildebrandb, P.E. (2012). Carbon stock and sequestration potential of agroforestry systems in smallholder agroecosystems of sub-Saharan Africa: Mechanisms for 'reducing emissions from deforestation and forest degradation' (REDD+) Agriculture, Ecosystems and Environment 158: 172– 183
- [9] Montagnini, F. (1992). Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos. San José, Costa Rica: OET, Oicd, DHR. 622 p.
- [10] Fernandez, E.C.M., Nair P.K.R. (1986). An Evaluation of the Structure and Function of Tropical Home Gardens. *Agricultural Systems* 21(4): 279-310
- [11] Autoridad de la cuenca Matanza Riachuelo ACUMAR. (2013). www.acumar.gov.ar.
- [12] Ramilo, D. (2011). Agricultura familiar : atlas : población y agricultura familiar región pampeana / 1a. ed. - Buenos Aires : Ediciones INTA, 2011. v. 5, 48 p. ISBN 978-987-679-005-5
- [13] INDEC. (2002). Censo Nacional Agropecuario.
- [14] Benencia, R. (1997). Área hortícola bonaerense. Cambios en la producción y su incidencia en los sectores sociales. Editorial La Colmena, 279 p., Buenos Aires.
- [15] Morello, J. (2000). Funciones del sistema periurbano: el caso de Buenos Aires. Universidad Nacional de Mar del Plata, Centro de Investigaciones Ambientales, 36 p., Mar del Plata.
- [16] Boy, A. (2006). La producción orgánica, agroecológica, natural o de bajos insumos, en el futuro de la sociedad argentina. Buenos Aires. *Revista Súper Campo* 11(132): 54-57.
- [17] Perez Arrarte, C. (2007). Plantaciones forestales e impactos sobre el ciclo del agua. Grupo guayubira, Montevideo Uruguay.
- [18] Fondo Nacional de Financiamiento Forestal, FONAFIFO, (2013). www.Fonafifo.com
- [19] Suárez J., Martín, G. J. (2010). Producción de agroenergía a partir de biomasa en sistemas agroforestales integrados: una alternativa para lograr la seguridad alimentaria y la protección ambiental. *Pastos y Forrajes*, Vol. 33, No. 3.
- [20] Woome, P.L., Karanja, N.K., Murage, E.W. (2001). Estimating total system carbon in smallhold farming systems of East African highlands. In *Assessment methods for soil carbon*, ed. Lal et al., 147-166. Boca Raton, Fla.: Lewis Publishers.
- [21] Maikhuri, R.K., Rana, U., Semwal, R.L., Rao, K.S. (2000). Agriculture Uttarakhand: Issues and management prospects for economic development. In *Uttaranchal Statehood: Dimensions for Development* (eds. Sati, M C and S P Sati), Indus Publishing Co., New Delhi, pp. 151-167
- [22] INDEC. (2010). Encuesta permanente de hogares. EPH. (2003). Instituto Nacional de estadística y censos. Secretaria de Política Económica. Ministerio de Economía y Producción. Republica Argentina. www.indec.gov.ar