

Biodiversidad y manejo de los residuos agropecuarios en una finca del municipio de Perico, Matanzas

Biodiversity and management of agricultural waste in a farm of the Perico municipality, Matanzas

Katerine Oropesa-Casanova <https://orcid.org/0000-0002-4310-5019>, Gertrudis Pentón-Fernández <https://orcid.org/0000-0002-4253-9317>, Juan Carlos Lezcano-Fleires <https://orcid.org/0000-0002-8718-1523>, Taymer Miranda-Tortoló <https://orcid.org/0000-0001-8603-7725> y Néstor Francisco Núñez-García <https://orcid.org/0000-0001-9344-5348>
Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba. ²Filial Universitaria Municipal (FUM) Dora Alonso. Perico, Matanzas, Cuba. Correo electrónico: katerine.oropesa@ihatuey.cu

Resumen

Objetivo: Caracterizar la biodiversidad y el manejo de los residuos de la actividad agropecuaria en la finca La Palma, del municipio Perico, provincia Matanzas, Cuba.

Materiales y Métodos: Con el propósito de obtener información, se realizó un diagnóstico en la finca de un productor mediante la combinación de varias herramientas, como recorridos exploratorios y entrevistas informales, encuestas formales y diálogos semiestructurados, con observaciones, mediciones o ambas. Se cuantificó el número de individuos de cada especie, las que se caracterizaron de acuerdo con su propósito en el sistema.

Resultados: En la finca se destacan tres subsistemas (cultivos temporales, cultivos permanentes y animal). En el subsistema de cultivos permanentes se desarrollan los pastos naturales *Dichanthium caricosum* (L.) A. Camus, *Dichanthium annulatum* (Forssk.) Stapf y *Paspalum notatum* Alain ex Flügé. Mientras, entre las arbóreas, *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Witt se destaca con 2 386 individuos. Esta especie puede generar 5 t de MS/año de biomasa leñosa no comestible y, a su vez, un estimado de 1,5 t de biocarbono.

Conclusiones: Se demostró la funcionalidad de este agroecosistema, representado por la diversificación y la integración agricultura-ganadería. El biocarbono es una alternativa de manejo de residuos de la actividad agropecuaria en la finca, que se pueden enriquecer con los residuales bovinos.

Palabras clave: desarrollo sostenible, excreta, residuos de cosechas

Abstract

Objective: To characterize the biodiversity and management of waste from the agricultural activity in La Palma farm, of the Perico municipality, Matanzas province, Cuba.

Materials and Methods: In order to obtain information, a diagnosis was conducted in a farmer's farm through the combination of several tools, such as exploratory tours and informal interviews, formal surveys and semi-structured dialogs, with observations, measurements or both. The number of individuals of each species, which were characterized according to their purpose in the system, was quantified.

Results: In the farm three subsystems stand out (temporary crops, permanent crops and animals). In the subsystem of permanent crops the natural pastures *Dichanthium caricosum* (L.) A. Camus, *Dichanthium annulatum* (Forssk.) Stapf and *Paspalum notatum* Alain ex Flügé are developed. Meanwhile, among the trees, *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Witt stands out with 2 386 individuals. This species can generate 5 t DM/year of non-edible woody biomass and, in turn, an estimate of 1,5 t of biochar.

Conclusions: The functionality of this agroecosystem, represented by diversification and agriculture-animal husbandry integration, was proven. Biochar is a waste management alternative in the farm, which can be enriched with cattle waste and non-edible biomass from the pruning of *L. leucocephala*.

Keywords: crop residues, excreta, sustainable development

Introducción

En el año 2015, con la adopción de la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible y el Acuerdo de París, por primera vez el mundo se puso de acuerdo para actuar de forma decisiva ante dos de los desafíos más importantes a los que se enfrenta hoy la humanidad: lograr el desarrollo sostenible y abordar el problema del cambio climático (ONU, 2015).

Los riesgos del cambio climático para la sociedad, especialmente para los países en desarrollo, suponen asimismo el principal obstáculo para alcanzar el desarrollo sostenible. No es posible superar con éxito un reto, sin abordar el otro. El desarrollo sostenible refleja la interdependencia de la dimensión económica, social y medioambiental,

Recibido: 05 de diciembre de 2019
Aceptado: 23 de marzo de 2020

Como citar este artículo: Oropesa-Casanova, Katerine; Pentón-Fernández, Gertrudis; Lezcano-Fleires, J. C.; Miranda-Tortoló, Taymer & Núñez-García, N. F. Biodiversidad y manejo de los residuos agropecuarios en una finca del municipio de Perico, Matanzas. *Pastos y Forrajes*. 43 (2):xx-xx, 2020.

Este es un artículo de acceso abierto distribuido en Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/> El uso, distribución o reproducción está permitido citando la fuente original y autores.

que obliga a impulsar políticas públicas con una visión integral de la sostenibilidad (Martín-Murillo *et al*, 2018).

Por lo antes referido, para asegurar la alimentación de la población humana, creciente cada día, se deben implementar medidas que mitiguen los efectos del cambio climático mediante la reducción de las emisiones de GEI (gases de efecto invernadero) y la recuperación de los suelos degradados. Ello sería posible con el manejo sostenible de los sistemas productivos, la protección de los ecosistemas, la restauración ecológica, la educación ambiental, el rescate de los saberes tradicionales y el trabajo articulado entre organizaciones, instituciones y comunidades. Todas estas acciones promueven la conservación de la biodiversidad y el buen vivir de las personas (Moreira y Castro, 2016).

El dominio adecuado de la biodiversidad es fundamental en el diseño y manejo de las fincas agropecuarias, ya que constituye la base de la vida en el planeta y de la sustentabilidad de los agroecosistemas (Sarandón y Flores, 2014). Ella es la fuente de genes, además de que proporciona variedad de servicios ecológicos, y permite reducir el uso de insumos externos.

Según Vázquez-Moreno (2013), en los sistemas agrícolas, la biodiversidad debe realizar servicios que van más allá de la producción de alimentos, fibras, combustibles e ingresos. Entre estos servicios se puede citar el control del microclima local, la regulación de los procesos hidrológicos locales y de los organismos indeseables, la detoxificación de productos químicos nocivos y el reciclaje de nutrientes (Altieri y Nicholls, 2007).

Una de las alternativas del reciclaje de nutrientes orgánicos y carbono, que podría contribuir a la fertilidad de los suelos, es el uso del biocarbono. Este es un material que se obtiene de la pirolisis de la biomasa leñosa, es altamente poroso, con alta capacidad de absorción e intercambio de nutrientes, así como de almacenamiento de agua y potencial redox (Joseph *et al*, 2015; Husson, 2016). Su estructura carbono celulósica

se puede impregnar con nutrientes líquidos (estiércol vacuno, microorganismos nativos, fermentado de bagazo de *Saccharum officinarum* L., entre otros), reactivándose así el biomaterial para potenciar la liberación del fertilizante orgánico (Pedroso y Pentón, 2019).

La utilización del biocarbono pudiera ser una alternativa en el manejo de las fincas agropecuarias, ya que aumenta la funcionalidad de la biodiversidad en los sistemas productivos, a la vez contribuye a la fertilización orgánica, y permite el reciclaje de nutriente. Por ello, este trabajo tiene como objetivo caracterizar la biodiversidad y el manejo de los residuos de la actividad agropecuaria en la finca La Palma, del municipio Perico, provincia Matanzas, Cuba.

Materiales y Métodos

Localidad y ubicación geográfica. El estudio se realizó en la finca La Palma, perteneciente a la Cooperativa de Créditos y Servicios Ramón Rodríguez Milián. Se encuentra ubicada en el municipio de Perico, provincia de Matanzas, a los 22° 45' 45.34" de latitud norte y 81° 03' 42.63" de longitud oeste, a 38 msnm, según el dispositivo de geolocalización GPSmap-62SC.

Características edafoclimáticas. La temperatura media anual en el 2019 fue de 25 °C, con una humedad relativa de 79 % y precipitación de 1 124 mm (Estación Meteorológica Indio Hatuey, 2019). La finca cuenta con 13,42 ha. El suelo es Ferralítico Rojo compactado (Hernández-Jiménez *et al*. 2015), con topografía llana y pendiente de 0,5 a 1,0 %. La profundidad a la piedra caliza es de 1,50 m. El pH es ligeramente ácido. En la tabla 1 se describen las características agroquímicas del suelo (Proyecto BASAL, 2015).

El análisis se desarrolló a partir del Diagnóstico Rural Participativo (Schonhuth y Kievelitz, 1994). Para obtener la información necesaria se combinaron diversas herramientas, como los recorridos exploratorios y entrevistas informales, encuestas formales

Tabla 1. Propiedades químicas del suelo de la finca La Palma.

Horizontes	Profundidad, cm	pH				C mol				Saturación, %	MO, %
		H ₂ O	KCL	Ca	Mg	K	Na	CCB	CIC		
Ap	0-13	6,59	5,59	8,19	2,21	0,59	0,02	11,01	16,00	68,81	2,58
B1	13-36	6,59	5,59	7,32	2,24	0,27	0,02	9,85	15,00	65,67	1,23
B21	36-126	6,69	5,69	6,44	2,29	0,02	0,02	8,77	11,00	79,73	
B22	126-176	6,80	6,00	6,03	2,34	0,02	0,02	8,41	10,60	79,34	

y diálogos semi-estructurados, con observaciones, mediciones o ambas (Lores, 2009).

La determinación de la diversidad de especies en el sistema se realizó mediante el conteo de individuos, por familia, propósito o función.

Se estudiaron los residuales generados a partir de la actividad ganadera (orina y excreta vacuna) y los residuos de la poda de la leguminosa *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Witt, según Sánchez (2002).

Resultados y Discusión

La finca tiene como actividad fundamental la ganadería y su fuente principal de ingresos es la producción de leche, que se ha diversificado con el propósito de lograr la visión¹ que diseñó la familia en 2014, cuando comenzó su trabajo en el Programa de Innovación Agrícola Local (PIAL), después de construir el plan de finca de forma, según la metodología propuesta por el CATIE² (Palma y Cruz, 2010).

La diversidad informada se destaca a partir de la múltiple funcionalidad de la finca. Fundamentalmente, se constataron cinco usos (figura 1). El mayor porcentaje correspondió al área de los pastos naturales (39 %), y le siguieron los sistemas silvopastoriles (32 %). A su vez, la finca cuenta con tres subsistemas, que corresponden a cultivos temporales (hortalizas), cultivos permanentes (frutales, alimentos para el ganado) y animales.

El sistema silvopastoril (SSP) ocupa 4,3 ha. Dos de ellas se dedican a la alimentación de los terneros, en las que predominan *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone variedad OM 22 y como leguminosa arbórea *L. leucocephala*. El resto del área silvopastoril está destinada a la alimentación de las vacas, donde prevalece como pasto base *Megathyrsus maximus* (Jacqs.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs.

Las categorías vacas en ordeño y ternero demandan mayores requerimientos nutricionales, en función de la producción de leche y del crecimiento, respectivamente. Esto determina que se priorice una oferta de alimento de mejor calidad, valor nutritivo y digestibilidad.

Específicamente, en los terneros, la oferta adecuada de alimento es muy importante para lograr criar satisfactoriamente los animales que servirán de reemplazo (Soca, 2016). En este sentido, la combinación del estrato arbóreo y herbáceo, la disponibilidad de materia seca, la calidad nutricional de la dieta y las condiciones de confort determinan un mejor comportamiento productivo y la disminución apreciable de enfermedades.

En cuanto a la producción de leche, en los SSP tiende a ser superior, aunque varía en función de la disponibilidad, la calidad de la dieta base y el potencial lechero de los animales. En general, los trabajos de investigación desarrollados en SSP en diferentes regiones tropicales evidencian incrementos en la

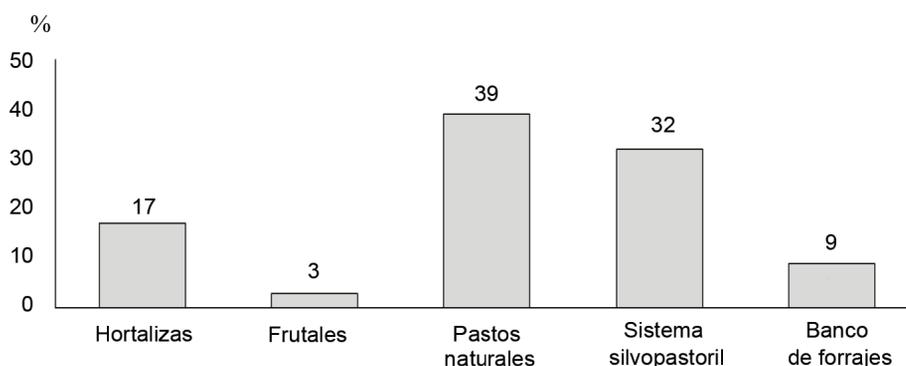


Figura 1. Distribución del suelo, según su uso.

¹ Visión del productor: Se cuenta con una finca integral y diversificada, con acuartonamiento y electricidad. Se tiene, además, sistema de riego para producir alimento animal y humano, a partir del uso de prácticas agroecológicas que permiten incrementos productivos.

² CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) es un centro regional, dedicado a la investigación y la enseñanza de posgrado en agricultura, manejo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales. Sus miembros son el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Belice, Bolivia, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, República Dominicana, Venezuela y España.

producción de leche, entre 10 y 30 % (Aguilar-Pérez, 2019).

Según Montagnini (2015), los SSP pueden contribuir, además, a la mitigación del cambio climático, debido a la captura de carbono, por arriba como por debajo del suelo, con la ventaja adicional de aumentar la productividad a corto y largo plazo, favorecer la biodiversidad y proveer al agricultor de beneficios sociales y económicos. Son un ejemplo de resistencia para la adaptación a la variabilidad climática con la diversificación que les es propia, lo que disminuye los riesgos y ofrece flexibilidad para el cambio hacia especies o variedades que se adaptan a las nuevas condiciones (Jiménez-Ruiz, 2019).

En el área de pastos naturales de la finca sobresalen *Dichanthium caricosum* (L.) A. Camus, *Dichanthium annulatum* (Forssk.) Stapf y *Paspalum notatum* Alain ex Flügé, además de otras especies arvenses que se agrupan entre las familias *Amarantaceae*, *Asteraceae*, *Boraginaceae*, *Esterculiaceae*, *Euphorbiaceae*, *Fabaceae*, *Malvaceae*, *Papaveraceae*, *Poaceae*, *Verbenaceae*.

Esta composición florística (figura 2) del área pastoril es una limitación de la entidad, si se considera que los pastos naturales presentan niveles bajos de producción de biomasa forrajera. Además, poseen generalmente baja calidad nutritiva y poca capacidad de carga, lo que resulta en la disminución de la productividad animal (Pezo, 2018).

En las áreas de pastoreo es necesario aumentar la siembra de pastos mejorados y árboles, ya que mejoran la calidad del alimento, su disponibilidad y producción (Milera *et al.*, 2014). Además, propician diferentes hábitats para las especies insectiles, al crear un microclima que favorece su desarrollo.

También permiten el establecimiento de interacciones complejas, que implican mayor equilibrio entre fitófagos y biorreguladores.

En el subsistema de cultivos permanentes se encuentran árboles disímiles con diferentes propósitos: frutales, maderables, forrajeros, entre otros, que ayudan a la conservación de los suelos y a la biodiversidad. En la tabla 2 se muestra la diversidad y cantidad de árboles presentes en la finca, por especie, familia y propósito.

Leucaena es el género que más se destaca, con 2 386 individuos. Como se ha referido, esta especie, además de servir en la alimentación del ganado, tiene otros usos, como es la producción de leña. Se plantea que, por concepto de poda, un sistema silvopastoril de más de tres años de establecimiento genera 2,0 kg/MS/planta de material leñoso (Sánchez, 2002). Por tanto, al tener la finca 4,3 ha dedicadas al SSP, con una densidad de 555 plantas/ha (3 x 6 m), produce 5 t de MS/año, que podrían convertirse en 1,5 t de biocarbono, si se considera que este representa 30 % de la MS generada (Pentón *et al.*, 2018).

El biocarbono puede ser una alternativa de fertilización (Trazzi *et al.*, 2018) para emplear en la mejora de los suelos, sobre todo en las 2,34 ha dedicadas a los cultivos temporales, ya que representan una fuente de ingreso para el sustento de la familia.

Entre las especies de mayor importancia económica para la finca cosechada en este subsistema se encuentran la calabaza (*Cucurbita moschata* (Duchesne ex Lam.) Duchesne ex Poir.), el ají (*Capsicum annum* L), la fruta bomba (*Carica papaya* L), la lechuga (*Lactuca sativa* L), la acelga (*Brassica rapa* subsp. chinensis), el rábano (*Raphanus sativus* L), la remolacha (*Beta vulgaris* subsp.vulgaris), el perejil (*Petroselinum sativum* P), el ajo porro (*Allium ampeloprasum* var

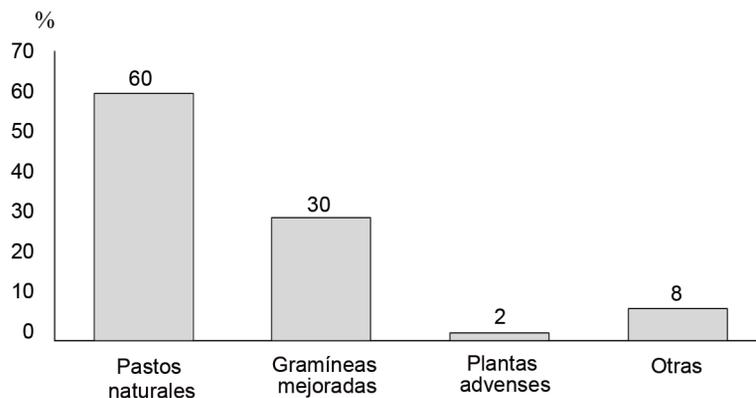


Figura 2. Composición florística en las áreas de pastoreo.

Tabla 2. Árboles más representativos en la finca.

Nombre común	Nombre científico	Familia	Propósito	Cantidad
Mango	<i>Mangifera indica</i> L.	<i>Anacardiaceae</i>	Frutales	25
Aguacate	<i>Persea americana</i> Mill	<i>Lauraceae</i>	Frutales	70
Guayaba	<i>Psidium guajava</i> L.	<i>Myrtaceae</i>	Frutales	15
Naranja	<i>Citrus cinensis</i> L.	<i>Rutaceae</i>	Frutales	3
Limón	<i>Citrus x limon</i> (L.) Burm f.	<i>Rutaceae</i>	Frutales	2
Mamey	<i>Pouteria sapota</i> Jacq.	<i>Guttiferae</i>	Frutales	2
Ciruela	<i>Spondias dulcis</i> Parkirson.	<i>Rosaceae</i>	Frutales	4
Coco	<i>Cocos nucifera</i> L.	<i>Arecaceae</i>	Frutales	1
Guanábana	<i>Annona muricata</i> L.	<i>Annonaceae</i>	Frutales	19
Cereza	<i>Prunus cerasus</i> L.	<i>Rosaceae</i>	Frutales	3
Café	<i>Coffea canephora</i> Pierre ex A. Froehner	<i>Rubiaceae</i>	Frutales	38
Algarrobo	<i>Ceratonia siliqua</i>	<i>Fabaceae</i>	Maderable	1
Árbol florido	<i>Gliricidia sepium</i> Jacq.	<i>Fabaceae</i>	Maderable	15
Almácigo	<i>Bursera simaruba</i>	<i>Burseraceae</i>	Maderable	5
Palma real	<i>Roystonea regia</i> Kunth	<i>Arecaceae</i>	Maderable	1
Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	<i>Fabaceae</i>	Alimentación animal	2 386

porrum) y la habichuela (*Vigna unguiculata* subesp. *sesquipedalis*).

El biocarbono, a su vez, se podría enriquecer con los desechos orgánicos a partir de compostaje del estiércol vacuno. Según Milera *et al.* (2014), una vaca puede producir entre 6 y 7 % del peso vivo en forma de heces frescas, por lo que, en el caso de esta finca, que cuenta con 59 vacas, puede producir en el año 10 676, 25 kg de heces. Si el animal en el pastoreo solo está 16 h, una tercera parte del tiempo se halla generando 3,6 t/vaca/año, lo que representa 212,4 t/año para la finca. También se podría utilizar la orina (4 927,5 kg de orina/animal/año) a partir de la construcción de canales recaudadores.

Según Schmidt *et al.* (2017), existen altas concentraciones de nitrógeno orgánico, potasio y otros compuestos presentes en el estiércol semilíquido y en el vacuno, compostado y mezclado con el Biochar. Al respecto, Chidumayo (1994) planteó que el biocarbono es mejor en su función de nutrimento para las plantas, cuando se utiliza como componente del sustrato. Esto puede estar dado por la capacidad del biocarbono de absorber y retener agua y solutos presentes en el estiércol semilíquido, si se compara con otras soluciones nutritivas o lactofermentados (Brunet *et al.*, 2019).

Schmidt *et al.* (2017), al estudiar la posibilidad de enriquecer el biocarbono con estiércol semilíquido de

ganado vacuno u ovino-caprino, demostraron que dicha combinación puede ser más efectiva que el fertilizante mineral NPK, pues 1 m³ puede contener 10 kg de nitrógeno y 10 kg de potasio. Una vaca puede garantizar el enriquecimiento de 5 m³ por año de biocarbono, y dicha cantidad de fertilizante orgánico equivale a 120 kg de cada uno de estos elementos.

Ghezzehei *et al.* (2014) demostraron que el biocarbono, al ser embebido durante 24 h en estiércol líquido, puede absorber de 20-43 % del amonio, y del 19-65 % del fosfato. Solo en el estado de California (EUA), cada año se pueden capturar de los desechos vacunos, de 11 440 a 57 200 t de amonio, y de 920-4 600 t de fosfato. Al mismo tiempo, se pueden eliminar hasta 8-40 millones de toneladas de biomasa en exceso.

Todo este reciclaje disminuye las salidas del sistema, lo que concuerda con lo informado por Bover *et al.* (2018), quienes plantean que, en los sistemas integrados o mixtos, las salidas de una actividad agropecuaria se pueden usar como insumos para otra. Esto contribuye a reducir los efectos adversos para el medio ambiente, y a disminuir la dependencia de recursos externos mediante el reciclaje. De este modo, los residuos de poda de las plantas arbóreas se utilizarían en la elaboración de biocarbono, lo que permite aumentar la integración y funcionalidad del

sistema (figura 3). A su vez, esta alternativa de reciclaje de los residuos contribuiría a la integración de los subsistemas en la finca objeto de estudio.

Conclusiones

Se demostró la funcionalidad de este agroecosistema, representado por la diversificación y la integración agricultura-ganadería.

El bicarbono es una alternativa de manejo de residuos de la actividad agropecuaria en la finca, que se pueden enriquecer con los residuales bovinos.

Agradecimientos

Se agradece a la familia del productor por permitir realizar las investigaciones en la finca, así como al Proyecto Internacional Programa Agrícola Local (PIAL), financiado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), que

contribuyó con el financiamiento para el desarrollo de este estudio.

Contribución de los autores

- Katerine Oropesa-Casanova. Concepción, adquisición, análisis e interpretación de los datos, redacción y revisión del manuscrito.
- Gertrudis Pentón-Fernández. Concepción y diseño de la investigación, redacción y revisión del manuscrito.
- Juan Carlos Lezcano-Fleires. Concepción y diseño de la investigación, redacción y revisión del manuscrito.
- Taymer Miranda-Tortoló. Concepción y diseño de la investigación, redacción y revisión del manuscrito.

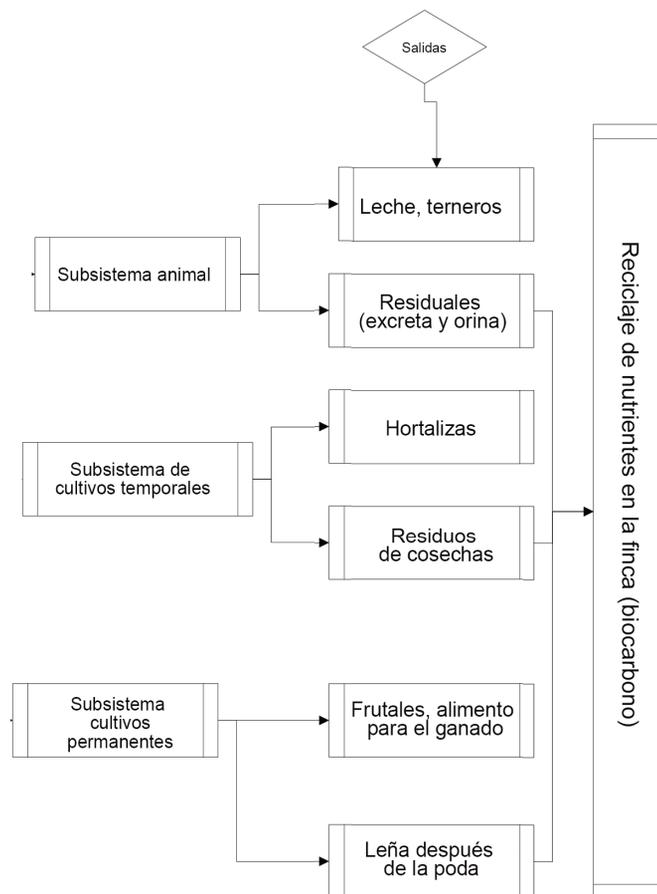


Figura 3. Alternativa de reciclaje de los residuos en la finca. Fuente: Elaboración propia

- Néstor Francisco Núñez-García. Concepción y diseño de la investigación, redacción y revisión del manuscrito.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses entre ellos.

Referencias bibliográficas

- Aguilar-Pérez, C.; Solorio-Sánchez, F.; Ku-Vera, J.; Magaña-Monforte, J.; & Santos-Flores, J. Producción de leche y carne en sistemas silvopastoriles. *Bioagrociencias*. 12 (1):1-8, 2019.
- Altieri, M. A. & Nicholls, Clara I. *Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas*. Perspectivas agroecológicas No. 2. Barcelona, España: Icaria Junta de Andalucía, 2007.
- Bover, Katia; González, E.; Stark, F.; Moulin, Chy & Suárez, J. Evaluación de la estructura, el funcionamiento y el desempeño de agrosistemas mixtos agricultura-ganadería. *Pastos y Forrajes*. 41 (3):208-218, 2018.
- Brunet, J.; Pentón, Gertrudis; Martín, G. J. & Schmidt, H.-P. Capacidad de retención de soluciones nutritivas en biochar de *Dichrostachys cinerea* (L.) Wight & Arn. *Memorias de la V Convención Internacional Agrodesarrollo*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 2019.
- Chidumayo, E. N. Effects of wood carbonization on soil and initial development of seedlings in miombo woodland, Zambia. *Forest Ecol. Manag.* 70:353-357, 1994. DOI: [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(94\)90101-5](https://doi.org/10.1016/0378-1127(94)90101-5).
- Ghezzehei, T. A.; Sarkhot, D. V. & Berhe, A. A. Biochar can be used to capture essential nutrients from dairy wastewater and improve soil physico-chemical properties. *Solid Earth*. 5:953-962, 2014. DOI: <https://doi.org/10.5194/se-5-953-2014>.
- Hernández-Jiménez, A.; Pérez-Jiménez, J. M.; Bosch-Infante, D. & Castro-Speck, N. *Clasificación de los suelos de Cuba 2015*. Mayabeque, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Instituto de Suelos, Ediciones INCA, 2015.
- Husson, O.; Husson, B.; Brunet, A.; Babre, D.; Alary, K.; Sarthou, J. P. *et al.* Practical improvements in soil redox potential (Eh) measurement for characterisation of soil properties. Application for comparison of conventional and conservation agriculture cropping systems. *Anal. Chim. Acta*. 906:98-101, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aca.2015.11.052>.
- Jiménez-Ruiz, E. R.; Fonseca-González, W. & Pazmiño-Pesantez, L. Sistemas silvopastoriles y cambio climático: Estimación y predicción de biomasa arbórea. La Granja. *Revista de Ciencias de la Vida*. 29 (1):40-50, 2019. DOI: <http://doi.org/10.17163/lgr.n29.2019.04>.
- Joseph, S. D.; Husson, O.; Graber, Ellen R.; Zwieten, L. van; Taherymoosavi, Sara; Torsten, T. *et al.* The electrochemical properties of biochars and how

they affect soil redox properties and processes. *Agronomy*. 5 (3):322-340, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy5030322>.

- Lores, Abady. *Propuesta metodológica para el desarrollo sostenible de los agroecosistemas. Contribución al estudio de la agrobiodiversidad: Estudio de caso Comunidad Zaragoza*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. La Habana, 2009.
- Martín-Murillo, Laura; Rivera-Alejo, J. & Castizo-Roble, Rosa. *Cambio climático y desarrollo sostenible en Iberoamérica*. Informe La Rábida, Huelva. España: Secretaría General Iberoamericana. <https://www.fundacioncarolina.es/wp-content/uploads/2019/06/Segib-Informe-La-Ra%CC%81bida-Resumen-ejecutivo-2018.pdf>, 2018.
- Milera, Milagros de la C.; López, O. & Alonso, O. Principios generados a partir de la evolución del manejo en pastoreo para la producción de leche bovina en Cuba. *Pastos y Forrajes*. 37 (4):382-391, 2014.
- Milera, Milagros de la C.; Machado, R.; Alonso, O.; Fonte, Leydis; Blanco, D.; Arece, J. *et al.* *Guía del criador*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 2014.
- Montagnini, Florencia; Somarriba, E.; Murgueitio, E.; Fassola, H. & Eibl, Beatriz. *Sistemas agroforestales funciones productivas, socioeconómicas y ambientales*. Cali, Colombia; Turrialba Costa Rica. CIPAV; CATIE, 2015.
- Moreira, D. & Castro, C. *Lechería climáticamente inteligente. Adaptación y mitigación en el trópico húmedo*. Proyecto EUROCLIMA-IIICA. (R. Cascante, coord.). <https://euroclimaplus.org/edocman/pais/costa-rica/4/BVE17068929e.pdf>, 2016.
- ONU. *Convención Marcos sobre el cambio climático*. Paris: ONU, 2015.
- Palma, E. & Cruz, J. ¿Cómo elaborar un plan de finca de manera sencilla? Serie técnica-Manual técnico No. 96. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 2010.
- Pedroso, A. & Pentón, Gertrudis. *Efecto físico-químico que ejerce la fuente de energía de soluciones nutritivas sobre el biochar enriquecido*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. https://www.researchgate.net/profile/Biochar_Cuba/publication/337196551_Efecto_fisico-quimico_que_ejerce_la_fuente_de_energia_de_soluciones_nutritivas_sobre_el_Biochar_enriquecido/links/5dcadab292851c818049aea1/Efecto-fisico-quimico-que-ejerce-la-fuente-de-energia-de-soluciones-nutritivas-sobre-el-Biochar-enriquecido.pdf, 2019.
- Pentón-Fernández, Gertrudis; Martín-Martín, G. J.; Velázquez-Garrido, Martha; Rivera-Espinosa, R.; e Guillon, B. & Brunet-Zulueta, J. Nuevos abonos órgano-minerales para la nutrición de las plantas y la restauración de los suelos. Fondo Financiero de Ciencia e Innovación. Contrato No. 32. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 2018.
- Pezo, D. A. *Los pastos mejorados: su rol, usos y contribuciones a los sistemas ganaderos frente al*

- cambio climático*. Serie técnica. Boletín técnico/ CATIE. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 2018.
- Proyecto BASAL. *El manejo de los suelos se adecúa a las características de la producción agropecuaria local y a los impactos del cambio climático. Resultado 1*. Informe proyecto BASAL. 2015. Cuba, 2015.
- Sánchez, Tania. *Evaluación de un sistema silvopastoril con hembras Mambí de primera lactancia bajo condiciones comerciales*. Tesis presentada en opción al título de Master en Pastos y Forrajes. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 2002.
- Sarandón, S. & Flores, Claudia. *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. La Plata, Argentina: Universidad Nacional de La Plata, 2014.
- Schmidt, H.-P.; Pandit, B. H.; Cornelissen, G. & Kammann, C. I. Biochar-based fertilization with liquid nutrient enrichment: 21 Field Trials Covering 13 Crop Species in Nepal. *Land Degrad. Dev.* 28,. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1002/ldr.2761>.
- Schonhuth, M. & Kievelitz, U. *Diagnóstico rural rápido participativo. Métodos de diagnóstico y planificación en la cooperación al desarrollo*. Eschborn, República Federal de : GTZ - Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, 1994.
- Soca, Mildrey; Simón, L.; Roque, E.; Roche, Yaima; Aguilar, A. & Soca, Maylin *et al.* Efectos de los sistemas silvopastoriles en el control de los nematodos gastrointestinales de los bovinos en pastoreo. En: J. E. Guerra-Liera, R. Barajas-Cruz, J. F. Inzunza-Castro, J. A. Saltijeral-Oaxaca y A. C.-I., comp. *Bienestar animal: Alternativas para la producción de los bovinos*. México: UAS-Juan Pablos. p. 155-168, 2016.
- Trazzi, P. A.; Higa, A. R.; Dieckow, J.; Mangrich, A. S. & Higa, Rosana C. V. Biocarvão: realidade e potencial de uso no meio florestal. Biochar: reality and potential use in forestry. *Ciênc. Florest.* 28 (2), 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509832128>.
- Vázquez-Moreno, L. L. Diagnóstico de la complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad en sistemas de producción agropecuaria en transición hacia la sostenibilidad y la resiliencia. *Agroecología*. 8 (1):33-42, 2013.