

Análisis de la producción de almidón de *Canna edulis ker* como alternativa en zonas marginales de cultivos de café

Guillermo Edmundo Caicedo¹; Juan David Ortiz Avilez² & Christian Felipe Valderrama Lopez³

¹Docente investigador, grupo Inyumacizo, Universidad Nacional Abierta y a Distancia; ²Investigador del semillero Metamorfo Neiva, Grupo COBIDES; ³Docente investigador, grupo COBIDES, Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
E-mail:christian.valderrama@unad.edu.co.

Resumen

La expansión agrícola de cultivos tradicionales a través de monocultivos está ocasionando que se realicen prácticas poco sostenibles, deteriorando la calidad de los suelos y reduciendo el rendimiento de las cosechas. La presente investigación realizó un análisis de sostenibilidad sobre la especie *Canna edulis ker* (Achira) como alternativa de producción en zonas marginales de café, utilizando como estudio de caso el municipio de Garzón – Huila. Se desarrolló y aplicó una encuesta semicuantitativa a los diferentes actores de la cadena productiva de la achira, con el propósito de evaluar aspectos asociados al sistema de producción. Se encontró un uso de la especie *Canna edulis ker* en gran parte de los terrenos identificados, así, como que la variedad morada (93,3%) es la más cultivada. Aquellos que siembran en zonas marginales y realizan fertilización orgánica (63%), están obteniendo en promedio 2898 kg por hectárea. La especie *Canna edulis ker* tiene un gran potencial en el uso de cultivos mixtos, especialmente en las zonas marginales, ya que esta especie tiene un alto potencial para preservar suelos, retener humedad y controlar las malezas.

Palabras claves: Cultivos mixtos, Impacto ambiental, Producción agrícola

Abstract

The agricultural expansion of traditional crops through monocultures are causing unsustainable practices, deteriorating the quality of soils and reducing crop yields. This research carried out a sustainability analysis on the *Canna edulis Ker* (Achira) species as a production alternative in marginal coffee areas, using the Municipality of Garzón - Huila as a case study. It developed A semi-quantitative survey, and it applied to the different actors of the achira production chain to evaluate aspects of the production system. It found a use of the *Canna edulis ker* species in large part of the identified lands and that the purple variety (93.3%) is the most cultivated. Those who sow in marginal areas and carry out organic fertilization (63%) obtained an average of 2898 kg per hectare. The *Canna edulis ker* species has great potential in using mixed crops, especially in marginal areas, since this species has a high potential to preserve soils, retain moisture and control weeds.

Keywords: Agricultural production, Environmental Impact, Mixed crops

Introducción

El café, es uno de los reglones agrícolas con mayor impacto y generación económica para este sector, convirtiéndose en una fuente de ingresos para más de 12 millones de fincas a nivel mundial y aproximadamente medio millón de familias colombianas, según Ceballos-Sierra & Dall’Erba, (2021) hay más de 500 municipios productores de café en Colombia localizados en su mayoría dentro de los departamentos de Risaralda, Quindío, Caldas y Valle de Cauca, de las cuales, una cuarta parte son administradas por mujeres (PROMECAFE, 2019). Se ha identificado que al año 2019, el 11% de la importación del café se produjo en Centro América, exportando el 90% de la producción a EUA, Japón, Alemania y Reino Unido. Produciendo 15,38 millones de sacos de 60 Kg de Honduras 54%, Guatemala 25%, Nicaragua 16% y El Salvador 5% (Gomes & Obín, 2017), Brasil es el mayor productor de café del mundo, con sistemas de café en su mayoría sin sombra y solo sistemas de café agroforestales limitados. El predominio de los sistemas cafeteros sin sombra hace que la producción de café en Brasil sea vulnerable a los impactos del cambio climático con posibles repercusiones socioeconómicas graves. Este interés y crecimiento, se debe a que el café es considerado como una de las bebidas más consumidas a nivel mundial y uno de los productos más comercializados después del petróleo, y su mercado ha crecido regularmente durante los últimos 150 años.

Las plantaciones de café que realizan prácticas convencionales como los monocultivos y las aplicaciones intensivas de herbicidas, tienden a generar impactos negativos sobre el ecosistema, asociados a la reducción de cobertura vegetal y pérdida de la calidad del suelo, observándose mayores tasas de escorrentía en terrenos y encontrándose pérdidas en suelos, tal como se identificó en plantaciones cafeteras de Colombia, Venezuela e Indonesia.

Los precios fluctuantes, la creciente demanda de cacao y café en el mercado mundial, y la creciente presión de la población humana local, empujan a los agricultores a intensificar el manejo agroforestal tradicional y / o expandir el área de tierra cultivada. Las prácticas de intensificación incluyen la eliminación recurrente de malezas y arbustos, la eliminación de especies de árboles (de crecimiento lento) que no son óptimas para la provisión de sombra y el aclareo de árboles de sombra, presentándose como consecuencia la transformación del bosque natural en una plantación con un dosel abierto y pobre en especies, o sin ningún dosel.

Dado los impactos negativos de los monocultivos, investigaciones asociadas a cultivos mixtos, sugieren que los rendimientos más altos se pueden obtener de intercalados sistemas en comparación con el monocultivo. El cultivo intercalado también puede ofrecer ventajas en el control de malezas. Los cultivos mixtos brindan la oportunidad de introducir y establecer un nuevo cultivo para sistemas de agricultura orgánica, que proporcionen nitrógeno por fijación y contribuyen a la diversidad de plantas a escala de campo, especialmente en sistemas de cultivos mixtos.

Morio Iijima, Yasuhiro Izumi, Erwin Yuliadi, Sunyoto, Afandi & Muhajir Utomo llevaron a cabo una investigación de tipo aplicada denominada Erosion Control on a Steep Sloped Coffee Field in Indonesia with Alley Cropping, Intercropped Vegetables, and No-Tillage, la cual se implementó en un periodo de 4 años dando como resultados que la erosión del suelo se redujo en un 37% como resultado de la no labranza y en un 64% con el cultivo en callejones. La cantidad de erosión del suelo para la práctica de los agricultores locales, labranza y sin callejón, fue más de cuatro veces mayor que en la labranza cero y el tratamiento de callejón.

Los cultivos de cobertura reemplazan los barbechos desnudos en las rotaciones de cultivos durante los períodos de otoño o invierno y se terminan antes de sembrar el cultivo principal siguiente. Utilizado para el control de la erosión (Lal, 2015). Los cultivos de cobertura CC podría ser una herramienta poderosa para recuperar suelos degradados. Sin embargo, la restauración del suelo es un proceso lento y es necesario determinar el tiempo necesario para que el CC tenga un impacto significativo en la recuperación de la funcionalidad del suelo.

La achira a diferencia de otras plantas del mismo género que produce mayor rendimiento de almidón por unidad de superficie cultivada, su forma es cónica o de trompo. Dentro de la variedad de almidones, el de la achira tiene una característica particular ya que cuenta con una velocidad de sedimentación, proporcionada principalmente por el mayor diámetro de partícula. En Colombia, el cultivo de esta especie se lleva a cabo en zonas con altitudes inferiores a 2.700 msnm, en los departamentos de Nariño (290 ha), Huila (87,5 ha) y Cauca (15,7 ha) (Agronet 2016).

Este es un cultivo agreste, con una alta resistencia a épocas de verano (aguanta entre 2 y 3 meses de sequía) mientras que a los tiempos muy húmedos no. Por tal razón, la temperatura idónea o necesaria para su cultivo varía entre los 28 y 24 grados centígrados.

Una de sus cualidades más destacadas es que no es un cultivo erosivo, ya que la planta crece hacia arriba (geotropismo positivo) y los rizomas (raíces) están casi sobre el suelo, que no necesita removerse. El rizoma seco de *C. Edulis* contiene entre un 70 y un 80% de almidones, los cuales se reportan más digeribles que otros tipos de almidones, además, es un cultivo ecológico, pues no utiliza ningún tipo de químicos; solamente abono orgánico (Veloza, 1998) Las propiedades de la *Canna Edulis Ker* la convierten en un cultivo de gran potencial para la producción de etanol principalmente por sus bajos requisitos nutricionales y alto contenido de almidón de sus tubérculos (Huang *et al.*, 2013).

Materiales y Métodos

Se realizó un estudio cuantitativo de tipo descriptivo, cuyo objetivo principal fue el de entender la percepción ambiental y económica que tiene la población cafetera al implementar sistemas de cultivos mixtos utilizando la especie *Canna edulis ker* en las zonas marginales de los cafetales, como herramienta de sustentabilidad. Para ello, se tomó como estudio de caso, en las Veredas Fátima, La Cabaña y Santa Marta del municipio de Garzón – Huila.

Herramienta de Recolección de Información.

Se diseñó una herramienta tipo cuestionario para la recolección de la información en los habitantes que residen en las veredas seleccionadas. Se tomó una muestra no probabilística de 30 fincas cafeteras sobre el área de influencia. La encuesta investiga la percepción sobre la relación de implementar cultivos mixtos (*Canna edulis Ker* y *Coffee arabica*) en zonas marginales de los cafetales como estrategia de aprovechamiento del terreno, mejoramiento de las condiciones ambientales y económicas de los cultivos. Esta consta de tres secciones de preguntas, la primera parte analiza las características sociodemográficas de la población, la segunda evalúa el componente técnico de la implementación de los dos cultivos, en el cual se analiza el manejo técnico del cultivo, las variedades utilizadas, tipo de fertilización, área establecida y cosechada; La última sección analiza el componente ambiental relacionados con la conservación de suelos, uso de agrotóxicos y tipo de sistema productivo, entre otros (Tabla 1).

Tabla 1. Secciones diseñadas en la encuesta

Secciones	Ítems	Descripción.	
Componente social	Genero.	Masculino	Femenino
	Edad (años).		
	Nivel educativo.	Ninguno	Universidad
		Primaria	Posgrado
		Bachiller	Incompleto
		Técnico	Completo
	Tipo de vivienda.	Arrendada	Propia
		Prestada	Otro
	Servicios (Hogar).	Agua	Gas
		Energía	Tv. Cable
		Alcantarillado	Internet
		Teléfono	
	N° de integrantes familiares.		
	Proveedor económico.	Usted	Familiares
		Cónyuge	Otro
Componente técnico sobre el cultivo de achira.	N° de Trabajadores a cargo.		
	Colaboradores familiares en la finca.	Si	No
		Cuantos	
	Actividad económica de la finca.	Agricultura	Jornal
		Ganadería	Otro
	Área de sembrado.		
		Tradición familiar	Por recomendación
	Porque siembra?	Diversificación de ingresos	Por rentabilidad
		Por alternativas	
	Variedad de achira sembrada.	Blanca	Maituna
		Morada	Ninguna
		Nativa	Otro
	Producción.	Tecnificada	Tradicional
	Distancia de siembra.		
		Si	No
	Fertilizantes.	Cual	
	Cantidad de jornales.		
		Familiar	Compañía
	Tipo de obra.	Contratada	Otro
	Enfermedades en su cultivo.		
	Plagas en el cultivo.		
	Control.		
		Manual	Las dos
	Beneficios.	Mecánica	
	Rendimientos por Hectarea.		
	Venta de almidón.	Intermediario	Bizocherías
		Autoconsumo	Otro
	Es rentable el cultivo.	Si	No
Componente ambiental.	Considera sus actividades del cultivo contaminantes	Si	No
	Que hace con los residuos generados.		
	Productividad del suelo.		
	En caso de disminución, ¿cuál cree que es la razón.	Perdida por erosión	Acumulación de agroquímicos
		Falta de fertilizante	Otro
	Produce erosión.	Si	No
	Consecuencias sobre el agroquímico.	Respiratorias	Malformaciones
		Cáncer	Ninguna
		Sistema nervios	Otro

Análisis de Datos.

Se utilizó el análisis gráfico y estadístico para la discusión de los resultados obtenidos en esta investigación. Se aplicaron técnicas estadísticas descriptivas para el análisis de la investigación, el cual a través de la colecta de información primaria permitió describir las características propias del comportamiento del sistema de producción de la achira como sistema sostenible. Se utilizó el software XLSTAT para el análisis de la información.

Tabla 2. Características demográficas de los productores de achira (N = 30).

Genero	N(%)	Edad	N(%)
Masculino	19(63.3)	20-40	6(20)
Femenino	11(36.7)	41-70	24(80)
Nucleo Familiar	N(%)	Nivel educativo	N(%)
2 personas	14(46.6)	Primaria	24(80)
3 personas	4(13.3)	Bachiller	3(10)
4 personas	9(42.9)	Profesional	3(10)
5 personas	3(10)		
Vivienda	N(%)		
Propia	30(100)		

Con respecto a la caracterización de los productores, en la tabla 2, se puede referir que, un porcentaje significativo corresponde al género masculino (63,3%), y que este grupo presenta edades que oscilan entre los 20 y 40 años de edad (20%) y un grupo más reducido (36.7%) son mujeres que se encuentran un rango de edades mucho más alto que el de los hombres 41-70 con un porcentaje del (80%).

En cuanto al nivel educativo hay una diferencia significativa, la mayoría de los productores han alcanzado su nivel de estudio en primaria con un 80% y bachiller y pregrado con un 10%.

Tabla 3. Caracterización técnica de *Canna edulis* Ker en el municipio de Garzón (Huila), 2018.

CARACTERÍSTICAS	N(%)
Área Sembrada(Ha) (Media RIQ)	0.48(0.212-1)
Variedad Sembrada	
Morada	28(80)
Nativa	2(2)
Blanca	5(18)
Tipo de fertilización	
Si fertiliza	11(37)
No fertiliza	19(63)
Tipo de enfermedad	
Ninguno	13(43)
Clorosis	3(10)
Hongos	8(27)
Sigatoka amarilla	4(13)
Bacteriosis	2(7)
Tipo de plagas	
Ninguno	14(47)
Picudo (Anthonomus)	3(10)
Chiza (Ancognata)	7(23)
Spodoptera	6(20)
Beneficio del cultivo	
Manual	21(70)
Tecnificado	9(30)
Rendimientos (kg/ha)	2898.3(2500-3500)
Venta del Almidón	
Panaderías	6(12)
Bizcocherías	28(55)
Autoconsumo	15(29)
Intermediarios	2(4)

Se encontró que un gran porcentaje de los agricultores (80%) cultivan la variedad morada, (18%) cultivan la blanca y un (2%) la variedad nativa; en cuanto a la fertilización un (63%) de los productores no implementan ningún tipo de fertilizante artificial, mientras que el (37%) restante si lleva a cabo la labor de fertilización. Usualmente no se presentan enfermedades en este tipo de cultivos (43%), aunque en ciertas ocasiones se evidencian algunas afectaciones, las cuales, están relacionadas con la presencia de hongos (27%), sigatoka amarilla (13%) y el amarillamiento o clorosis (10%). El cultivo, aunque es resistente y no presenta plaga alguna (47%) en algunos casos se puede ver afectado por la chiza (23%), spodoptera (20%) y el picudo (10%). En cuanto al beneficio del cultivo, el (70%) de los cultivadores lo realizan de forma manual y el (30%) lo hacen de forma tecnificada. Finalmente, se tiene que el producto final o la materia prima llamada almidón, se comercializan principalmente en las bizcocherías (55%) intermediarios (4%) y una pequeña parte en las panaderías (12%). (Tabla 3).

Tabla 4.
Caracterización ambiental del
cultivo de Achira (*Canna edulis* Ker.)

	N(%)
Tipo de fertilización	
Orgánico	30(100)
Químico	0
Percepción de productividad	
Mejora	21(70)
Estable	9(30)
Procesos erosivos por cultivo alternativo	
No se evidencia	30(100)

De acuerdo a lo observado en la tabla 4, el tipo de fertilización que se implementa según la gráfica, es del tipo orgánica con un 30 (100%), con relación a esta práctica los productores aseguran que se evidencian mejoras en el cultivo (70%) y un (30%) creen que la productividad se mantiene estable.

Discusión

El desarrollo de esta investigación permitió, identificar que la mayoría de los productores son hombres, y que usualmente algunas actividades del campo son labores arraigadas a una tradición familiar que se ha ido prolongando y solo algunas mujeres asumen este rol, en donde aún en pleno siglo XXI, este sector pareciera marginar a este género de estar a cargo de dirigir los proyectos agrícolas, una de las teorías de acuerdo a Paniagua (1999), es que hay una mayor permanencia del titular al frente de la explotación y una prolongación del “tiempo de espera” del sucesor para efectivamente dirigir la explotación, generando como consecuencia una mayor complejidad en los procesos de sucesión y relevos intergeneracionales, afectando la composición del trabajo.

Con respecto al componente técnico y productivo, se identificó que el 93.3% de los productores utiliza la variedad la Morada de la especie *Canna edulis* ker debido a sus rendimientos, como lo menciona “Sus rizomas son cónicos, en forma de tronco, y logra rendimientos máximos en almidón de 4.223 Kg/Ha, con un índice de conversión de 9,94% a los seis meses, caracterizándose como la variedad de mayor precocidad, factor clave en el momento de establecer un cultivo mixto, debido a que el productor busca eficiencia, rendimiento y rentabilidad. Por otro lado, es de resaltar los procesos de fertilización orgánica, ya que esta práctica reduce los impactos negativos de la disposición de residuos, permite el enriquecimiento de los suelos, mejorando la estructura, los microorganismos en el suelo, incrementando la circulación de los nutrientes, la energía, y mejora la capacidad de retención de nutrientes y agua del suelo, compensando el uso de fertilizantes minerales (Taguchi & Santini, 2019). La implementación del cultivo mixto de *coffee arábica* con *canna edulis* ker, es una estrategia que permite mejorar los suelos degradados, ya que la segunda especie contribuye a la protección del suelo, la erosión, la generación de oxígeno y captura del CO₂, además, que su alto nivel de ecoeficiencia regula la tasa de evaporación del agua del suelo, favoreciendo la conservación de la biodiversidad y generando productos que pueden ser utilizados en diferentes cadenas productivas.

Conclusiones

Según el estudio se puede concluir que la inclusión del cultivo de *Canna edulis* ker en zonas marginales de café, mediante el método de cultivos mixtos, es una alternativa sostenible que reduce los impactos negativos del uso de monocultivos, mejora la calidad del suelo, retiene humedad e incrementa la rentabilidad por hectárea, convirtiéndose en una opción atractiva dentro de las fincas cafeteras.

La selección adecuada de la variedad de la especie para asociarse como cultivo mixto, es un factor importante a considerar, ya que esta permitirá reducir el mantenimiento por control de plagas, se adaptará a los suelos degradados y podrá mejorar las condiciones del terreno. En el caso de los terrenos estudiados, la variedad de *Canna Edulis Ker* morada, cumplió con todos los requerimientos y generó una buena expectativa y acogimiento dentro de los cultivos.

REFERENCIAS

- Aerts, R., Hundera, K., Berecha, G., Gijbels, P., Baeten, M., Van mechelen, M., Hermy, M., Muys, B., & Honnay, O. (2011). SemiForest coffee cultivation and the conservation of ethiopian afro-montane Rainforest fragments. *Forest ecology and management*, 261, 1034–1041. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.12.025>
- Akter, N., Alim, M.D., Islam, M., Naher, Z., Rahman, M. & Hossain, I. (2004). Evaluation of Mixed and Intercropping of Lentil and Wheat. *Journal of Agronomy*, 3: 48-51.
- Angouria-Tsorochidou, E. & Thomsen, M. (2021). Modelling the quality of organic fertilizers from Anaerobic digestion – Comparison of two collection systems. In *Journal of cleaner production* (Vol. 304, p. 127081). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127081>
- Blanco Sepúlveda, R. & Aguilar Carrillo, A. (2015). Soil erosion and erosion thresholds in an Agroforestry system of coffee (*Coffea arabica*) and mixed shade trees (*Inga* spp and *Musa* spp) in Northern nicaragua. *Agriculture, ecosystems and Environment*, 210, 25–35. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.04.032>
- Caicedo Díaz, G. E. (2019). Aproximación al impacto técnico, social y ambiental del cultivo de achira Como alternativa de producción sostenible en zonas marginales de café en el municipio de Garzón (Huila). <https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/3511>
- Caicedo Díaz, G. E., Segundo, I., Wilches, R. & Rengifo Benítez, G. (2003). Técnicas de cultivo, beneficio o proceso poscosecha y uso agroindustrial resultados de la investigación cofinanciada por el programa nacional de transferencia de tecnología agropecuaria, pronatta.

- Ceballos-Sierra, F. & Dall'erba, S. (2021). The effect of climate variability on colombian coffee Productivity: a dynamic panel model approach. *Agricultural systems*, 190, 103126. <https://doi.org/10.1016/j.agsys.2021.103126>
- Ciftci, V. & Ulker, M. (2004). Effect of mixed cropping lentil with wheat and barley at different seed Ratios. *Journal of agronomy*, 4(1), 1–4. <https://doi.org/10.3923/ja.2004.1.4>
- De Leijster, V., Santos, M. J., Wassen, M. W., Camargo García, J. C., Llorca Fernandez, I., Verkuil, I., Scheper, A., Steenhuis, M. & Verweij, P. A. (2021). Ecosystem services trajectories in coffee Agroforestry in Colombia over 40 years. *Ecosystem services*, 48, 101246. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101246>
- Defries, R. S., Rudel, T., Uriarte, M. & Hansen, M. (2010). Deforestation driven by urban population Growth and agricultural trade in the tropics. *Nature geoscience* (3), 178181. <https://doi.org/10.1038/ngeo1178>
- García-González, I., Hontoria, C., Gabriel, J. L., Alonso-Ayuso, M., & Quemada, M. (2018). Cover crops To mitigate soil degradation and enhance soil functionality in irrigated Geoderma, 322, 81–88. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.08.011>
- Geissert, D., Mólgora-Tapia, A., Negrete-Yankelevich, S. & Hunter Manson, R. (2017). Efecto del manejo de la cobertura vegetal sobre la erosión hídrica en cafetales de sombra. *Agrociencia*, 51 (2): 119-133
- Gomes, I. C., Bianchi, F. J. J. A., Cardoso, I. M., Fernandes, R. B. A., Filho, E. I. F. & Schulte, R. P. O. (2020). Agroforestry systems can mitigate the impacts of climate change on coffee production: a Spatially explicit assessment in Brazil. *Agriculture, ecosystems and environment*, 294, 106858. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106858>
- Gomez, I. & Obín, D. (2017). Boletín promecafe.
- Huang, Y. H., Jin, Y. L., Fang, Y., Li, Y. H., Zhang, G. H., Xiao, Y., Chen, Q., & Zhao, H. (2013). Simultaneous saccharification and fermentation (SSF) of non -starch polysaccharides and starch From fresh tuber of *Canna edulis ker* at a high solid content for ethanol production. *Biomass and Bioenergy*, 52, 8 14.
- Lijima, M., Izumi, Y., Yuliadi, E., Afandi S. & Utomo, M. (2003). Erosion Control on a Steep Sloped Coffee Field in Indonesia with Alley Cropping, Intercropped Vegetables, and No -Tillage, *Plant Production Science*, 6:3, 224-229, DOI: 10.1626/pps.6.224

- Lal, R. (2015). Soil carbon sequestration and aggregation by covercropping. In Journal of soil and Water conservation (Vol. 70, issue 6, pp. 329–339). Soil conservation society of america. <https://doi.org/10.2489/jswc.70.6.329>
- León, E. A., Cely, A. L. C. & Cañon, J. D. G. (2013). Factibilidad del uso del almidón de achira como Agente controlador de filtrado en lodos de perforación base agua. Revista ION, 26(1). <https://doi.org/10.18273/revion>
- Li, P., Kong, D., Zhang, H., Xu, L., Li, C., Wu, M., Jiao, J., Li, D., Xu, L., Li, H. & Hu, F. (2021). Different Regulation of soil structure and resource chemistry under animal And plant-Derived organic Fertilizers changed soil bacterial communities. Applied soil ecology, 165, 104020. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2021.104020>
- Lobo-Arias, M., Medina-Cano, C. I., Grisales -Arias, J. D., Yepes -Agudelo, A. F. & Álvarez -Guzmán, J.A. (2017). Caracterización y evaluación morfológicas de la colección colombiana de achira, *Canna edulis ker gawl* (cannaceae). Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 18(1), 47–73. https://doi.org/10.21930/rcta.Vol18_num1_art:558
- Mussatto, S. I., Machado, E. M. S., Martins, S. & Teixeira, J. A. (2011). Production, composition, and Application of coffee and its industrial residues. Food and bioprocess technology, 4(5), 661–672. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0565-Z>
- Njenga, M., Gitau, J. K. & Mendum, R. (2021). Women's work is never done: lifting the gendered Burden of firewood collection and household energy use in kenya. Energy Search and Social Science, 77, 102071. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102071>
- Nzeyimana, I., Hartemink, A. E., Ritsema, C., Stroosnijder, I., Lwanga, E. H., & Geissen, V. (2017). Mulching as a strategy to improve soil properties and reduce soil erodibility In coffee farming Systems of rwanda. Catena, 149, 43–51. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.08.034>
- Paniagua Mazorra, Á. (1999). La remuneración del trabajo en la agricultura familiar Española (1985 1997). In Dialnet. Unirioja. Es. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=111711>

- Pires, I. F., Araujo -Junior, C. F., Auler, A. C., Dias, N. M. P., Dias Junior, M. S. & De Alcântara, e. N. (2017). Soil physico-Hydrical properties changes induced by weed control methods in coffee Plantation. *Agriculture, ecosystems and environment*, 246, 261–268. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.06.008>
- Promecafe, F. N. (2019). La caficultura regional continúa en crisis, especialmente para pequeños Caficultores y obreros. [https://fews.net/sites/default/files/documents/reports/reporte del cafe 2019 Final.Pdf](https://fews.net/sites/default/files/documents/reports/reporte%20del%20cafe%202019%20Final.pdf)
- Santos, É. M. Dos, Macedo, I. M. De, Tundisi, I. L., Ataíde, J. A., Camargo, G. A., Alves, R. C. Oliveira, M. B. P. P., & Mazzola, P. G. (2021). Coffee by-Products in topical formulations: a review. *Trends in Food science & technology*, 111, 280–291. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.064>
- Szumigalski, A. & Van Acker, R. (2005). Weed suppression and crop production in annual intercrops. *Weed science*, 53(6), 813–825. [HTtps://doi.org/10.1614/ws-05-014r.1](https://doi.org/10.1614/ws-05-014r.1)
- Taguchi, M. & Santini, G. (2019). Field actions science reports urban agriculture in the global north & South: a perspective from fao creative commons attribution 3.0 license. [Http://journals.Openedition.Org/factsreport](http://journals.openedition.org/factsreport) S, Special issue 20, 12–17. [Http://journals.Openedition.Org/factsreports/5610](http://journals.openedition.org/factsreports/5610)
- Tscharntke, T., Clough, Y., Bhagwat, S. A., Buchori, D., Faust, H., Hertel, D., Hölscher, D., Jührbandt, J., Kessler, M., Perfecto, I., Scherber, C., Schroth, G., Yeldkamp, E. & Wanger, T. C. (2011) Multifunctional shade-Tree management in tropical agroforestry landscapes - A review. *Journal of Applied ecology*, 48(3), 619–629. [https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01939.X](https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01939.x)
- Wang, I., Gruber, S. & Claupein, W. (2012). Optimizing lentil-Based mixed cropping with different Companion crops and plant densities in terms of crop yield and weed control. *Organic agriculture*, 2(2), 79–87. <https://doi.org/10.1007/s13165-012-0028-5>