



Contribución de los sistemas agroforestales a la sostenibilidad del servicio ecosistémico hídrico en las cuencas de Costa Rica

Agroforestry systems contribution to the sustainability of the water ecosystem service in the Costa Rican basins

Karen Arauz-Vásquez^{✉1}

Palabras clave

Agua, ciclo hidrológico, servicios ambientales, cuencas hidrográficas, agroforestería.

Key words

Water, hydrological cycle, environmental services, watersheds, agroforestry.

El agua es indispensable para la vida, por esta razón la Organización de las Naciones Unidas (ONU) declaró en el 2010 “el derecho humano de acceso al agua y el saneamiento” [1]. Para los países miembros de la ONU, este hecho significa la búsqueda de una gestión eficaz del recurso hídrico, con un enfoque que concilie el desarrollo económico y social con la protección de los ecosistemas naturales (“Declaración de Dublín, sobre el agua y el desarrollo sostenible” 1992) [2]. Para lograr este objetivo, en el “6^{to} Foro Mundial del Agua” realizado en Marsella [3], se hace hincapié en que los estados tienen el compromiso de desarrollar políticas, herramientas y mecanismos que permitan que el “derecho humano de acceso al agua y el saneamiento sea una realidad para todos”.

Los servicios ecosistémicos, o los bienes y servicios que provee la naturaleza para el bienestar humano [4]-[7], entre ellos el agua [8], están siendo amenazados por transformaciones en el paisaje producidas por los cambios de uso del suelo inducidos por actividades antropogénicas, que causan la pérdida y fragmentación del hábitat [9]. Estos dos efectos tienden a disminuir la conectividad de los paisajes, con consecuencias ecológicas que comprometen la estabilidad de los procesos ecosistémicos. Estas presiones sobre los ecosistemas y sus servicios, entre ellos la provisión y regulación hídrica [4], amenazan la sostenibilidad del servicio ecosistémico hídrico [10].

De acuerdo con MEA [4] y De Groot *et al.* [8], los servicios ecosistémicos se clasifican en: i) servicios de provisión, que pueden ser aprovechados directamente por el ser humano (alimento, fibra, agua y medicina natural), ii) servicios de regulación (de la calidad del aire y clima local, secuestro de carbono, de eventos extremos, de la erosión, polinización y control biológico) y iii) servicios culturales, que incluyen valores espirituales y religiosos, valores estéticos y recreación y ecoturismo.

Los servicios ecosistémicos que están relacionados con el agua se pueden clasificar en: a) el suministro (cantidad), como un servicio de aprovisionamiento y b) regulación (sincronización) y purificación (calidad),

1 Karen Arauz Vásquez, becaria del SENESCYT-Ecuador,
✉arauzkaren@gmail.com

como servicios de regulación. También existen servicios relacionados con usos recreativos, como es el caso de humedales protegidos por su biodiversidad. Sea cual fuere el servicio, el agua se constituye en el vínculo entre los sistemas ecológicos, sociales y económicos, tanto a escala mundial como local [10].

Para De Groot *et. al.* [8], la función de regulación del agua se refiere al mantenimiento de las condiciones “normales” en una cuenca. Los servicios ecosistémicos derivados de esta función corresponden al mantenimiento de riego natural y drenaje, zonas de separación de los extremos en la descarga de ríos, la regulación del flujo del cauce y la prestación del servicio como medio de transporte. La distribución regular del agua sobre la superficie es un aspecto esencial, ya que eventos como el exceso de escorrentía podrían ocasionar problemas en la provisión de los servicios antes mencionados. La función del ecosistema “abastecimiento de agua” se relaciona con el filtrado (realizada por la cubierta vegetal y biota del suelo), retención y almacenamiento de agua (depende de la topografía y las características del subsuelo) en arroyos, ríos, lagos y acuíferos. Esta función también depende de los ciclos hidrológicos y se centra en la capacidad de almacenamiento, en lugar del flujo de agua a través del sistema.

La sostenibilidad del servicio ambiental hídrico radica en una gestión adecuada de la cuenca (área morfológicamente superficial), que es la unidad territorial más reconocida para el manejo integrado de los recursos hídricos. La gestión del agua tiene varios enfoques en los diferentes países y, a pesar de las dificultades de su implementación, existe un creciente interés en abordar este enfoque para lograr metas de desarrollo sustentable [11]. Las cuencas se caracterizan porque en sus territorios se producen interrelaciones e interdependencias entre los sistemas físico, biótico y socioeconómico, que giran alrededor de los actores locales, y que tienen al agua como el elemento integrador y articulador del funcionamiento del sistema [11], [12].

Las instituciones responsables de realizar una gestión eficaz de la cuenca y por ende, del recurso hídrico, enfrentan el desafío de buscar los mecanismos y medios más adecuados para enfrentar la acelerada fragmentación y degradación de los ecosistemas del planeta, causadas principalmente por el cambio de uso

del suelo a causa de la intensificación agrícola, el abandono de la tierra, procesos de urbanización y la destrucción de hábitats de especies animales y vegetales [9].

En Costa Rica, la definición de los servicios ambientales (servicios ecosistémicos) se incluyó en la Ley Forestal No. 7575 del 5 de febrero de 1996, en referencia a aquellos servicios que brindan los bosques y las plantaciones forestales y que inciden, entre otros, en la protección de la biodiversidad tanto con fines de conservación como de uso sostenible. Pese al reconocimiento legal de las funciones del bosque para el medio ambiente, el Decimonoveno Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible [13], en su capítulo “Armonía con la naturaleza”, reporta que en Costa Rica no existen cambios en los patrones insostenibles de uso del territorio y los recursos naturales, lo que compromete la sostenibilidad del desarrollo nacional. En este informe se cuestiona el lugar que tiene el estilo de desarrollo del país, la sostenibilidad y las políticas públicas en la discusión de un tema clave para el desarrollo, como lo es la gestión ambiental. Las políticas públicas tienen un rol clave en la integración de la dimensión ambiental con la producción y las diversas actividades humanas. El desafío entonces, consiste en solventar la necesidad de un reordenamiento territorial como una tarea prioritaria y urgente para minimizar los impactos recurrentes de la actividad productiva sobre la calidad del ambiente.

El mismo informe [13] reporta que la sostenibilidad del agua está comprometida debido a que es un recurso vulnerable, en términos de disponibilidad y calidad. Además señala que del volumen total de agua concesionado por el MINAET (Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones), el 41,2% se destinó a actividades agrícolas y el 13,7% a la agroindustria. En relación al sector agrícola, se menciona que el suelo dedicado a actividades agropecuarias es uno de los recursos que ha sido utilizado sin una planificación que integre aspectos sociales, económicos y ambientales. El aumento significativo del área de producción de los cultivos de piña y palma africana, y no tan significativo de caña de azúcar y arroz, como parte de una estrategia de apertura comercial que busca la especialización en rubros no tradicionales y de mayor valor agregado, especialmente para

la exportación de frutas tropicales y plantas ornamentales, refleja cambios en la estructura productiva agrícola nacional con repercusiones en la generación de empleo, la producción y el ambiente. Dichas repercusiones ambientales se pueden observar en los territorios donde se produce piña, fresa, banano y hortalizas, que son los cultivos que más consumen agroquímicos en relación a otros cultivos, especialmente el banano, que en 2013 reportó un repunte en el uso de fungicidas para el control de la sigatoka negra.

En Costa Rica, la creciente expansión de monocultivos como el de la piña, ha sido motivo de conflictos socioambientales que han ocasionado fuertes disputas que continúan sin resolverse, como es el caso de las comunidades de El Cairo, Milano, Luisiana y la Francia de Siquirres, en donde se ha documentado la contaminación de fuentes de agua para consumo humano con residuos de plaguicidas [13].

Sobre la calidad del agua a nivel nacional, el informe DFOEAE-IF-01-2013 de la Contraloría General de la República (CGR) [14] advierte que “el país enfrenta un escenario de contaminación hídrica sin control, que tiene altamente afectadas cuencas hidrográficas importantes...”. En 24 de las 34 cuencas del país se encontraron sustancias contaminantes en los cuerpos de agua superficiales [14], que afectan las playas del país, la acuicultura, el balance de los ecosistemas acuáticos y amenazan la cobertura nacional de agua potable. Según el trabajo de evaluación realizado por la CGR en 2012 utilizando el índice de integridad de macroinvertebrados acuáticos, en los ríos se reporta la presencia de materia orgánica, nutrientes y sólidos, microorganismos peligrosos, metales pesados, plaguicidas e hidrocarburos.

El Decimotercero Informe de Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible [15] sobre el recurso hídrico y saneamiento, hace énfasis en la necesidad de estudiar y monitorear el recurso hídrico y su calidad, buscando mecanismos de protección como una herramienta básica para la gestión sostenible del agua en Costa Rica. En este informe, se menciona además el proyecto de Ley de Gestión Integral del Recurso Hídrico (aprobada en primer debate en sesión de la Asamblea Legislativa en abril de 2014)² que pretende adicionar al artículo 50 de la Constitución Política el reconocimiento y la garantía del derecho humano de acceso al agua.

El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) es la institución que por ley tiene la obligación de proporcionar el servicio de agua para consumo humano en Costa Rica. Esta institución, según el Estado de La Nación [15] tiene un total de 511 aprovechamientos, de los cuales 64 captaciones cuentan con zonas de protección delimitadas. Otros operadores de agua como las municipalidades de Belén, Cartago, Alajuela y Grecia cuentan con zonas de protección establecidas, aunque aún deben definir otras áreas para la protección de sus captaciones. En este mismo informe se menciona también que el Tribunal Ambiental Administrativo, tramitó infracciones o daños ambientales, que en ese año significaron el 33,9% del total, evidenciando que existió incumplimiento de la normativa ambiental vigente del país: Ley Forestal 7575 y la Ley de Aguas 276, que afectaron nacientes, ríos o quebradas y que representan un peligro para el equilibrio ecológico de las cuencas hidrográficas, los cuerpos de agua nacionales, la flora, la fauna y la salud humana que dependen de la calidad del agua. Así mismo, se indica que el Tribunal Administrativo Ambiental detectó la invasión de zonas de protección de cuerpos de agua, incluyendo quemas, corta de árboles para expansión de cultivos agrícolas, proyectos inmobiliarios y contaminación por sedimentos. Además, se reportan afectaciones a manglares y corredores biológicos que evidencian la necesidad de ordenar el territorio a nivel local.

Lo anteriormente expuesto es apenas un análisis breve que invita a reflexionar sobre la necesidad que tienen los tomadores de decisión, tanto a nivel institucional como de finca, de contar en primera instancia con un ordenamiento territorial y además considerar la implementación de sistemas de producción que resulten una alternativa adecuada para la gestión ambiental y para la generación de beneficios económicos y maximización de recursos invertidos. En este sentido son bien conocidos los beneficios sociales y ambientales de los sistemas agroforestales (secuestro de carbono, conservación de la biodiversidad, calidad del agua, contribución al control de la deforestación, degradación ambiental, pérdida de biodiversidad,

2 Programa Acontecer Legislativo # 174. Disponible en: <http://www.asamblea.go.cr>

entre otros) que proporcionan funciones de apoyo y conexión al paisaje a la economía [16]-[18].

La agroforestería es “*el término colectivo para los sistemas y tecnologías de uso de la tierra, en los cuales las plantas leñosas perennes (árboles, arbustos, palmeras, bambúes, etc.) se usan deliberadamente en las mismas unidades de manejo de la tierra con cultivos agrícolas y/o animales en alguna forma de arreglo espacial o secuencia temporal*” [19]. En los sistemas agroforestales (SAF), tanto los componentes bióticos como abióticos interactúan en relaciones de tipo ecológico, económico y social, logrando sinergismos para obtener mejoras en la productividad y sostenibilidad. En la implementación de la agroforestería se pueden observar algunos beneficios ambientales y el mejoramiento de los medios de vida de las comunidades rurales, al proveerlas de alimento, forraje y productos de los árboles, lo que aumenta la seguridad alimentaria y alivia la pobreza [18], [20], [21].

En el *Policybrief* de ASB Partnership for the Tropical Forest Margins, los autores [22] analizaron la función de los bosques en la cuenca. Según sus resultados, la deforestación inicialmente no afectó el caudal o flujo de agua, aunque sí se pudo observar consecuencias negativas años más tarde. Dichos efectos son el resultado del cambio de uso del suelo que sigue al proceso de deforestación, pues a la eliminación de los árboles (que utilizan sus raíces profundas para acceder a grandes cantidades de agua subterránea) puede seguir un aumento en la capa freática y en los flujos durante la estación seca. La eliminación de los árboles y el uso de la tierra que sigue a este proceso (pastoreo intensivo, suelo desnudo, uso de maquinaria pesada, introducción de caminos pavimentados asentamientos y áreas urbanas), producen un efecto combinado de cambios en la infiltración más el uso del agua que hace la vegetación, ocasionando la disminución en el flujo de agua en temporada seca. Para estos autores, la agroforestería gestionada de manera adecuada puede ofrecer muchas de las funciones reguladoras que los bosques naturales proveen en la cuenca; permitiendo además que las personas que habitan en ella puedan obtener una alternativa económica, producto de la gestión de estos agroecosistemas.

Para Farrel y Altieri [23], la presencia de árboles producto del establecimiento de sistemas

agroforestales tienen efecto en el equilibrio del agua en un micrositio, predio o región, debido a sus características funcionales y estructurales. La densidad del follaje y las características de las hojas participan en la intercepción y evaporación de la precipitación; en zonas de neblina húmeda, son una fuente potencial significativa de agua, la hojarasca permite un incremento de la filtración y permeabilidad, reduciendo la evaporación y escurrimiento superficial. A gran escala, en áreas propensas a inundaciones, los árboles podrían reducir las descargas de aguas subterráneas.

La legislación costarricense, mediante la Ley de Uso, Manejo y Conservación de los Suelos de 1998, reconoce el papel de los sistemas agroforestales como una práctica de manejo, conservación y recuperación del suelo, al mismo tiempo que aumenta la cobertura vegetal, la infiltración del agua y se maneja de manera más adecuada la escorrentía. En Costa Rica se reportan beneficios de los sistemas agroforestales con café, especialmente para el mantenimiento de la biodiversidad, otro de los servicios ecosistémicos [24].

Reyes *et al.* [25] realizaron una investigación con el propósito de proveer al Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO) los elementos necesarios para desarrollar nuevos mecanismos de cobro del servicio ambiental hídrico. Los autores valoraron en términos económicos el recurso hídrico “como reconocimiento al servicio ambiental que ofrecen los bosques privados, plantaciones forestales y sistemas agroforestales en Costa Rica”. En este estudio se internalizaron, a través del flujo de los recursos financieros, las externalidades positivas de la permanencia del bosque y otros ecosistemas forestales sobre la protección del recurso hídrico. En el mismo se seleccionaron cuencas pilotos, donde se recolectó y analizó información económica, biofísica, hidrológica y social para la estimación del valor del servicio ambiental en dólares por metro cúbico, equivalente a la producción hidroeléctrica y agua para el consumo humano.

Para Buttoud [26], aun cuando se reconocen las contribuciones valiosas de la agroforestería, existe una serie de condiciones que no favorecen y más bien se contraponen a la adopción generalizada de estos agroecosistemas por los agricultores. Para lograr la eficacia y sostenibilidad, la agroforestería necesita dos tipos de integración: la agricultura con

los árboles y los árboles con la gente. El éxito de esta integración está supeditada a la implementación adecuada de condiciones subyacentes que pueden ser técnicas, económicas y sociales.

Si bien es cierto que la agroforestería proporciona soluciones idóneas para lograr el equilibrio entre la producción y la conservación de la biodiversidad en eco-agricultura, es necesario comprender los procesos y los efectos que resulten de la aplicación de dichas soluciones [16]. Por lo anterior, el autor considera oportuna una mayor investigación y esfuerzo para explorar todo el potencial de las aplicaciones agroforestales.

Un ejemplo de los beneficios directos de los sistemas agroforestales en el escenario agrícola de la cuenca hidrográfica, en el estudio de Renda [27], llevado a cabo en Cuba, el cual mostró que cuando los árboles son incorporados en sistemas de producción ganadera (sistemas silvopastoriles) se convirtieron en verdaderos obstáculos para los procesos de erosión de los pastizales, con la consecuente disminución de la escorrentía superficial y el favorecimiento de la fertilidad y el contenido de humedad de los suelos, que dieron por resultado el aumento en la producción de carne (432,1 kg/ha/año) y la producción de leche (6,0 L/vaca/día en época lluviosa y 3,5 en época seca). El estudio también reportó una disminución en la evaporación de los pastizales con árboles, siendo esta cuatro veces menor que los pastizales sin cobertura vegetal boscosa. Estos resultados evidencian la importancia de incorporar especies latifoliadas (como sombra, forraje o franjas de hidrorregulación) en los sistemas de producción ganadera garantizando una mayor producción de pasto para la alimentación animal. En la práctica, esta información permitió valorar en términos económicos los beneficios de los sistemas agroforestales respecto al servicio ecosistémico hídrico.

Para ilustrar los beneficios sociales de la agroforestería, se puede mencionar el caso de la zona sur del Ecuador [28], donde se analizaron los efectos de las redes sociales en la adopción de especies agroforestales, identificándose en primer término que dichas especies son una opción para reducir la presión sobre la diversidad biológica y los recursos naturales; y en segundo término que, desde la perspectiva de un agricultor de la zona estudiada una práctica de innovación

constituye la inclusión de árboles en los pastos (la principal actividad económica en la zona es ganadería). El caso de Ecuador, en opinión de los autores de la investigación, ofrece una oportunidad para estudiar los efectos de la etnicidad y los patrones socio-culturales en la adopción de patrones agrícolas, considerando que en contexto mundial las poblaciones indígenas en muchas regiones del mundo son susceptibles a los cambios socioambientales, ya que demandan menos recursos de capital financiero debido al uso de opciones de subsistencia más naturales. Para el caso de la zona sur del Ecuador, donde habitan los “Saraguros”, una nacionalidad indígena, se asocia la presencia de los árboles en sus sistemas de producción ganadera, desde una perspectiva cultural, por esta razón sus fincas tienen mayor presencia de árboles que las fincas de mestizos y colonos, otros grupos étnicos también presentes en la zona.

Además de los beneficios ambientales y sociales de los sistemas agroforestales, con incentivos apropiados se pueden lograr resultados económicos exitosos en la implementación de sistemas silvopastoriles [29]; como ocurrió en el proyecto “Enfoques Silvopastoriles Intensivos para el Manejo de Ecosistemas”, implementado durante 2002 y 2008 simultáneamente en Costa Rica, Nicaragua y Colombia. Los ingresos de los productores en el caso de Costa Rica, gracias a la transformación de las fincas en sistemas silvopastoriles, pasaron de generar en un inicio 162 US\$/ha/año a 252 US\$/ha/año. En el caso de Colombia, las fincas implementaron sistemas silvopastoriles intensivos con altas densidades de árboles y arbustos, generando ingresos adicionales de 1157 US\$/ha/año (de un ingreso inicial de 440 US\$ a 1597 US\$/ha/año).

Considerando lo mencionado, es posible afirmar que, efectivamente los sistemas agroforestales ofrecen beneficios potenciales no solo para el servicio ecosistémico hídrico, sino que también pueden ser una alternativa productiva atractiva en términos económicos, sociales y ambientales. Sin embargo, es relevante y necesario tener en cuenta, que las decisiones de gestión de los agricultores tienen un papel preponderante en el éxito de la implementación de los SAF. Por esta razón se resalta la importancia de recopilar información sobre las prácticas de gestión, opiniones de los

agricultores y los conocimientos locales, como aspectos fundamentales para determinar las oportunidades o cuellos de botella en el incremento de la diversidad de árboles en las fincas y los paisajes, ya que esa diversidad es un factor de impacto en la provisión de servicios ecosistémicos y en los medios de vida de la comunidad [30].

Bibliografía

- [1] ONU (Organización de las Naciones Unidas), "El derecho humano al agua y al saneamiento", *Resolución A/64/L.63/Rev.1*, 2010, 3 p.
- [2] ONU (Organización de las Naciones Unidas), "El agua fuente de vida "2005-2015"", Departamento de Información Pública de las Naciones Unidas, 2005.
- [3] IFC (International Forum Committee), "Forum synthesis (6^o World Water Forum)", Marsella, 161 p, 2012.
- [4] MEA (Millenium Ecosystem Assesment), "Informe de síntesis de evaluación de los ecosistemas del milenio", Secretariado de Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005.
- [5] V. Camacho, A. Ruiz, "Conceptual Framework and classification of ecosystem services", *Revista Biociencias*, vol 1, no 4, pp 3-15, 2012.
- [6] B. Fisher, K. Turner, P. Morling, "Defining and classifying ecosystem services for decision making", *Ecological Economics*, no. 68, pp 643-653, 2009.
- [7] K. Wallace, "Classification of ecosystem services: problems and solutions", *Biological Conservation*, no. 139, pp 235-246, 2007.
- [8] R. De Groot, M. Wilson, R. Bournans, "A typology for the classification description and valuation of ecosystem function, goods and services", *Ecological Economics*, no. 41, pp 393-408, 2002.
- [9] T. Benton, J. Vickery, J. Wilson, "Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key?", *Trends in Ecology and Evolution*, vol. 18, no. 4, pp 182-188, 2003.
- [10] S. Engels, M. Shaefer, "Ecosystem services – a useful concept for addressing water challenges?", *Environmental Sustainability*, vol. 5, no. 6, pp 696–707, 2013.
- [11] A. Dourojeanni, A. Jouravlev, G. Chávez, *Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica*, Santiago: CEPAL, 2002.
- [12] F. Jiménez, "Introducción al manejo y gestión de cuencas hidrográficas", CATIE, 2010.
- [13] Programa Estado de la Nación, "Capítulo 4: Armonía con la naturaleza", en *Decimonoveno Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible*, San José, 2013.
- [14] CGR (Contraloría General de la República), "Informe Nro. DFOE- AE-IF-01-2013, Informe acerca de la eficacia del Estado para garantizar la calidad del agua en sus diferentes usos", División de Fiscalización Operativa y Evaluativa, 2013.
- [15] Programa Estado de la Nación, "Recurso hídrico y saneamiento", en *Decimotercero Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible*, San José, 2012.
- [16] P. Nair, "The coming of age of agroforestry", *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 87, pp 1613-1619, 2007.
- [17] G. Sileshi, F. Akinnifesi, O. Ajavi, S. Chakeredza, M. Kaonga, P. Matakala, "Contribution of agroforestry to ecosystem services in de Miombo eco- region of Eastern and Southern Africa", *African Journal of Environmental Science and Technology*, vol 1, no. 4, pp 68-80, 2007.
- [18] A. Atangana, D. Khasa, S. Chang, A. Degrande, *Tropical Agroforestry*, Alberta: University of Alberta, 2014.
- [19] B. Lundgren, J. Raintree, "Sustained agroforestry", en *Agricultural Research for development: Potentials and Challenges in Asia*, La Haya, 1982, pp 37-49.
- [20] Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales Guatemala, Mecanismo Mundial de la UNCCD, Manual de Agroforestería para Zonas Secas y Semiáridas, 2009.
- [21] FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), *Agroforestry for landscape restoration: Exploring the potential of agroforestry to enhance the sustainability and resilience of degraded landscapes*, Roma, 2017.
- [22] M. Noordwijk, S. Bruijnzeel, *Deforestation and the multiple functions of tropical watersheds: Are tropical forest indispensable for regulating rainfall and ensuring clean and reliable water supplies?*, World Agroforestry Centre, 2008.
- [23] J. Farrel, M. Altieri, "Capítulo 12. Sistemas agroforestales", en *Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable*, M. Alteri, Ed, Montevideo: Editorial Nordan-Comunidad, 1999, 338 p.
- [24] E. De Melo, S. Abarca, "Cafetales para servicios ecosistémicos, con énfasis en el potencial de sumideros de carbono: El caso de cooperativas cafetaleras afiliadas a COOCAFE Costa Rica, CATIE-FUNACAFOR-COOCAFE-OIKOCREDIT, 2008.
- [25] V. Reyes, J. Fallas, M. Miranda, O. Segura, R. Sánchez, "Definición de parámetros hídricos para los bosques y plantaciones forestales de Costa Rica", CINPE-FONAFIFO, 2002.
- [26] G. Buttoud, *Advancing agroforestry on the policy agenda: a guide for decision-makers*, Roma: FAO, 2013.
- [27] A. Renda, "Papel de los sistemas agroforestales en el escenario agrario de las cuencas hidrográficas de Cuba", *Pastos y Forrajes*, vol. 29; no. 4, pp 351-364, 2006.

- [28] V. Gonzalez, J. Barkmann, R. Marggraf, "Social network effects on the adoption of agroforestry species: Preliminary results of a study on differences on adoption patterns in Southern Ecuador", *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 4, pp 71-82, 2010.
- [29] E. Murgueitio, "Incentives for silvopastoral systems in Latin America", *Revista de investigación y difusión científica agropecuaria*, vol. 13, no. 1, pp 3-19, 2009.
- [30] J. Ordonez, E. Luedeling, R. Kindt, H. Lestari, D. Harja, R. Jamnadass, R; M. van Noordwijk, "Constraints and opportunities for tree diversity management along the forest transition curve to achieve multifunctional agricultura", *Current Opinion in Environmental Sustainability*, vol. 6, pp 54-60, 2014.

De acuerdo con la norma IEEE, este documento debe citarse:

K, Arauz Vásquez, "Contribución de los sistemas agroforestales en la sostenibilidad del servicio ecosistémico hídrico en las cuencas de Costa Rica", *Revista AgroInnovación en el Trópico Húmedo*, vol. 1, no. 1, pp 78-84, 2018, DOI: 10.18860/rath.v1i1.3932.