




Estado de los sistemas agroforestales establecidos del 2011 al 2018 bajo el Programa por Pago de Servicios Ambientales en tres regiones de Costa Rica

Status of agroforestry systems established from 2011 to 2018 under the Program for Payment of Environmental Services in three regions of Costa Rica

Juan José Quesada Quesada ¹ • Mario Guevara-Bonilla ¹ • Maribel Jiménez-Montero ¹ 
• Ana Lucrecia Guillén ²

Recibido: 8/8/2021 Aceptado: 15/12/2022

Abstract

The National Forest Financing Fund (FONAFIFO) contemplates a payment method for environmental services (PES) that seeks to recover forest cover. Within this modality are agroforestry systems (AFS) which objective is to combine trees with agricultural production systems. However, the composition and status of these systems is currently unknown. In order to characterize the SAFs subjected to the PSA in Costa Rica, an analysis of the projects formalized by FONAFIFO between 2011 and 2018 was carried out in the regional offices San Carlos, San José Oriental and San José Occidental. Technical studies of 527 projects and the respective certified reports were reviewed. Project identification, type of regency, planted area, tree species and number of trees per species, associated agricultural component, agroforestry technology, and reported management were recorded. The information was tabulated and analyzed using descriptive statistics. A predominance of agroforestry systems in coffee (43 %) associated mainly with the tree species *Erythrina* sp. as a multi-use tree concentrated in the Los Santos and Pérez Zeledón area. Block systems were found in second place (32 %), predominating teak (*Tectona grandis*), cedar (*Cedrela odorata*) and melina (*Gmelina arborea*) located in the North Zone and Central Pacific. A few reports of silvicultural practices and phytosanitary status were found. Weed control was the most reported practice. It is necessary to improve the monitoring and recording of information on the projects in order to have evidence of silvicultural management.

Keywords: AFS, FONAFIFO, silviculture management, tree component.

1. Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. forestal.quesada@gmail.com, maguevara@itcr.ac.cr, marjimenez@itcr.ac.cr

2. Fondo Nacional de Financiamiento Forestal. San José, Costa Rica. iguillen@fonafifo.go.cr

Resumen

El Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO) contempla una modalidad de pago por servicios ambientales (PSA) que busca la recuperación de la cobertura forestal. Dentro de esta modalidad se encuentran los sistemas agroforestales (SAF) cuyo objetivo es combinar árboles con sistemas de producción agrícolas. Sin embargo, actualmente se desconoce la composición y estado de estos sistemas. Con el objetivo de caracterizar los SAF sometidos al PSA en Costa Rica, se realizó un análisis de los proyectos formalizados por FONAFIFO entre 2011 y 2018 en las oficinas regionales San Carlos, San José Oriental y San José Occidental. Se revisaron los estudios técnicos de 527 proyectos y los respectivos informes certificados. Se registró la identificación del proyecto, tipo de regencia, área sembrada, especies forestales y número de árboles por especie, componente agrícola asociado, tecnología agroforestal, y manejo reportado. La información fue tabulada y sometida a análisis estadístico descriptivo. Se encontró un predominio de sistemas agroforestales en café (43 %) asociados principalmente a *Erythrina* sp. como árbol de uso múltiple concentrados en la Zona de Los Santos y Pérez Zeledón. Los sistemas en bloque se encontraron en segundo lugar (32 %), predominando teca (*Tectona grandis*), cedro (*Cedrela odorata*) y melina (*Gmelina arborea*) ubicados en la Zona Norte y Pacífico Central. Se encontraron pocos reportes de prácticas silviculturales y de estado fitosanitario. El control de arvenses fue la práctica más reportada. Es necesario mejorar el monitoreo y registro de información de los proyectos que permita tener evidencia del manejo silvicultural dado.

Palabras clave: SAF, FONAFIFO, manejo silvicultural, componente arbóreo.

Introducción

El Programa por Pago de Servicios Ambientales (PSA) consiste en el reconocimiento económico por parte del Estado costarricense, a personas propietarias o poseedoras de bosques o plantaciones forestales, por los servicios ambientales que estos proveen y que tienen influencia de manera directa en el mejoramiento y protección del medio ambiente [1].

Este programa forma parte de la estrategia nacional de cambio climático y constituye un elemento central en la propuesta de desarrollo, que se basa en la protección de los recursos naturales, el turismo sostenible y el desarrollo de mecanismos limpios de crecimiento [2].

El Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO) contempla dos modalidades por PSA que son: mantenimiento de cobertura forestal y recuperación de la cobertura forestal. Dentro de la segunda modalidad se encuentran actividades tales como reforestación, regeneración natural y sistemas agroforestales [3], siendo el objetivo de esta última, promover el desarrollo de sistemas agrícolas productivos incorporando árboles que brinden bienes y servicios tanto productivos como ambientales.

Los árboles como componente leñoso que conforman los sistemas agroforestales (SAF), deben ser manejados de manera sostenible, logrando simultáneamente que se mantengan las funcionalidades de los sistemas productivos; por lo que las unidades productivas de SAF sometidas al PSA, se deben evaluar para garantizar su mejoramiento al medio ambiente enmarcado en un desarrollo forestal sostenible.

Históricamente los proyectos de PSA han sido evaluados desde enfoques principalmente económicos, sociales, y en algunos casos políticos. Se ha analizado la trayectoria que han tenido desde sus inicios, su impacto en el estado económico de los beneficiarios y su nivel de satisfacción, la concordancia jurídica, la efectividad del programa y la adaptabilidad a tratados internacionales. Algunos análisis se han enfocado a modalidades o actividades específicas y otros han estudiado el Programa de PSA de una manera integral [2], [4], [5], [6], [7].

A pesar de las múltiples evaluaciones realizadas, no se ha caracterizado el estado de los proyectos SAF sometidos al PSA en Costa Rica, causando así un vacío de información relacionada a las especies utilizadas, las tecnologías empleadas, sus densidades de siembra, características del manejo silvicultural y fitosanitario, entre otros aspectos técnicos.

El disponer de este tipo de información puede ser de vital importancia para el mejoramiento del programa y principalmente para la toma de decisiones técnicas y políticas. Por tal motivo, el objetivo de este trabajo fue evaluar el estado de los SAF establecidos bajo el programa de PSA entre los años 2011 y 2018 en tres regiones de Costa Rica.

Materiales y métodos

El estudio se realizó con los proyectos activos bajo la actividad de sistemas agroforestales del FONAFIFO, formalizados durante el periodo del 2011 al 2018 de las oficinas regionales San Carlos (SC-01), San José Occidental (SJ-01) y San José Oriental (SJ-02). Las sub-actividades seleccionadas fueron SAF-Café,

Cuadro 1. Categorización de la información recopilada.

Table 1. Categorization of the collected information.

Información administrativa	Información Técnica	Información asociada al manejo silvicultural
Ubicación política.	Especies forestales establecidas.	Porcentaje de mortalidad.
Identificación del proyecto.	Número de árboles por especie.	Control de arvenses.
Tipo de regencia.	Área, o los trayectos si corresponden a árboles en hileras.	Aplicación de enmiendas y fertilización.
	Componente agrícola.	Podas Raleos Estado fitosanitario.
	Edad de la plantación.	
	Sub-Actividad. Estructura.	
	Tecnología.	

SAF-Especies en Extinción, SAF-Especies Nativas y SAF-Sistemas Agroforestales.

En total se revisaron 527 expedientes, que representan un 78 % del total de proyectos activos (674) para las tres oficinas y un 51 % del total de proyectos formalizados a nivel nacional a la fecha del estudio. Se analizó la información contenida tanto en el total de estudios técnicos, como en los 455 casos que contaban además con al menos un informe certificado. La información fue tabulada en Microsoft Excel 2016 y sometida a análisis estadístico descriptivo para las categorías que se indican en el Cuadro 1.

Información administrativa

La ubicación política estuvo dada en provincia, cantón y distrito, mientras que la identificación del proyecto se refirió a la oficina regional, fecha, número del contrato y número de expediente. Con base en la capa vectorial de los proyectos georreferenciados ya existentes sobre la ubicación espacial de los proyectos, se elaboró un mapa de densidad haciendo uso del complemento “Mapa de calor” utilizando el software QGIS 2.18.6. Este complemento utiliza la estimación de Densidad de Kernel para crear una capa ráster de salida. La densidad se calculó con base en el número de puntos es una determinada ubicación, de forma que un mayor número de puntos agrupados resultó en valores mayores.

La variable tipo de regencia se clasificó por el nombre de la organización que regentaba el proyecto. En el caso de regencias atendidas por personas físicas se clasificó como independiente.

Información técnica

Se consignó el nombre científico de las especies forestales registrado en los informes certificados, así como el número de individuos por especies. Se contabilizaron los casos en los que el regente forestal registró la especie como indefinida incluyendo dentro de

esta misma categoría cuando no se hace referencia a una especie en particular, mientras que en los casos en que no se incluía ninguna información, estas especies se registraron como desconocidas. Se definieron las 14 especies más utilizadas para cada uno de los análisis y se ordenaron según la frecuencia de reporte por tecnología y oficina regional asociada.

Para la designación de la tecnología agroforestal se utilizó como criterio la disposición del componente forestal dentro del sistema y se clasificó en: árboles en cultivos, árboles en hileras y árboles en bloques. Para los casos en que en un mismo proyecto se indicaba más de una tecnología, los mismos fueron clasificados como mixtos. Los proyectos en los cuales no se especificaba la tecnología se registraron como indefinido.

De los 527 expedientes analizados, fue posible la clasificación de 511 proyectos de acuerdo con la tecnología utilizada, ya que 16 casos no ofrecían información o esta no era precisa, por lo que fueron clasificados como indefinidos.

Para el caso del componente agrícola, se definieron ocho subgrupos: café, musáceas y pastos cuando estos se indicaban en condición de monocultivo; frutales y otros perennes en los casos en que el cultivo asociado correspondía a árboles frutales, vainilla, cacao o pimienta; raíces y tubérculos, cuando se hacía referencia a este subgrupo o bien a los cultivos que corresponden a esta clasificación (yuca, tiquisque, ñampí, malanga, entre otros); granos básicos y hortalizas, cuando se indicaba la presencia de cultivos anuales, así como cuando se hacía referencia a un cultivo específico correspondiente a este subgrupo (arroz, frijol, maíz, tomate, chile dulce, ayote entre otros). Se incluyó dentro de este subgrupo los proyectos asociados a piña.

Aquellos proyectos en los que se indicaban cultivos correspondientes a más de una de las categorías anteriormente descritas, fueron clasificados como

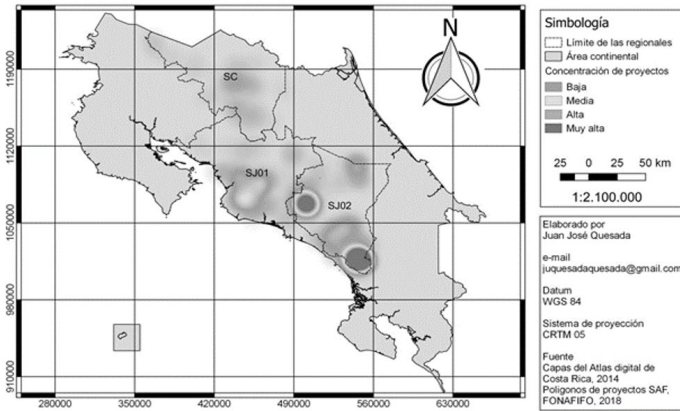


Figura 1. Concentración de sistemas agroforestales evaluados en la zona de estudio.

Figure 1. Concentration of agroforestry systems evaluated in the study area.

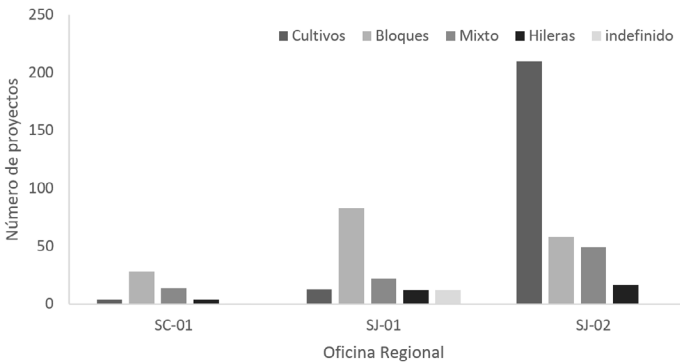


Figura 2. Tecnologías utilizadas por proyecto formalizado según la oficina regional de FONAFIFO.

Figure 2. Technologies used by formalized projects according to FONAFIFO regional office.

diversificado, mientras que los proyectos en los cuales no se especificaba un cultivo asociado se registraron como indefinido.

Para la categorización de la estructura, se utilizó como criterio los elementos presentes en los SAF [8].

Información asociada al manejo silvicultural

Con base en los informes certificados, para cada proyecto se registró si se reportaba o no la ejecución de las prácticas de mantenimiento y manejo: porcentaje de mortalidad, control de malezas, aplicación de enmiendas y fertilización, podas y raleos.

Resultados

De los 527 expedientes analizados, el 63 % de proyectos correspondieron a la oficina SJ-02, seguido de SJ-01 (27

%) y por último de SC-01 (10 %). La mayor concentración de proyectos se encuentra en el Valle del General y en la Zona de Los Santos, ambas atendidos por la oficina SJ-02.

Las dos zonas con mayor concentración de proyectos corresponden a las regiones que según INEC [9] presentan actividades agrícolas tradicionales y principalmente asociadas al cultivo del café. Algunas zonas con menor concentración de proyectos formalizados son Turrialba, la zona del Pacífico Central y el distrito de Pocosal en San Carlos (Figura 1).

Del total de proyectos evaluados, el 39 % están a cargo de una misma organización, un 20 % corresponde a regentes independientes y el 41 % restante está a cargo de regentes de 11 organizaciones diferentes.

Como regentes independientes se registraron un total de 45 personas a cargo de los proyectos, sin embargo, el 80 % de los proyectos evaluados se encuentra bajo la supervisión de sólo 6 regentes. Esta situación se registró principalmente para los proyectos ubicados en la región Pacífico Central, la Zona de Los Santos y el Valle del General.

Tecnologías agroforestales utilizadas

Los árboles asociados a cultivos son la tecnología agroforestal de mayor frecuencia en toda la zona de estudio con un 43 %, seguido de los bloques con una frecuencia del 32 % de los casos. La tecnología agroforestal de menor frecuencia es los árboles en hileras (6 %).

En el caso de la distribución por oficinas regionales (ver Figura 2), tanto en la oficina SC-01 como en SJ-01 predominan los bloques, representando un 57 % y 58 % respectivamente del total de los proyectos evaluados para cada oficina. La mayor concentración de estas tecnologías en SC-01 se encuentra en el cantón de San Carlos mientras que para SJ-01 se ubican en los cantones de Puriscal y Turrubares.

En ambas oficinas, los sistemas mixtos se encuentran en un segundo orden de frecuencia con 27 % y 15 % respectivamente, concentrados para el primer caso en San Carlos y en Turrubares para SJ-01. La tecnología encontrada en menor proporción en ambas oficinas corresponde a árboles en hileras (6 % y 8 % respectivamente).

Por otra parte, en la oficina SJ-02. los SAF asociados a cultivos representan el mayor número de proyectos evaluados (63 %) ubicados principalmente en Pejibaye de Pérez Zeledón. En una proporción mucho menor se encuentran los bloques (17 %), los sistemas mixtos (14 %) y las hileras (6 %) todos con una mayor concentración en el cantón de Pérez Zeledón.

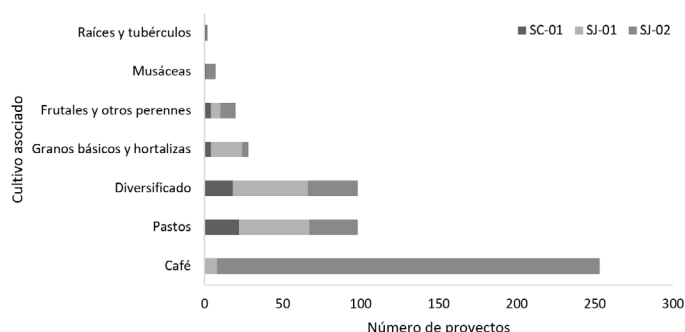


Figura 3. Cultivos asociados por proyecto formalizado según la oficina regional de FONAFIFO.

Figure 3. Associated crops by formalized projects according to the FONAFIFO regional office.

Cuadro 3. Número total de individuos por oficina regional según especie utilizada en los proyectos formalizados dentro del área de estudio.

Table 3. Total number of individuals by regional office according to the species used in the projects formalized in the study area.

Especie	Oficina regional			Total
	SC-01	SJ-01	SJ-02	
<i>Erythrina</i> sp.	7 403	4 048	183 866	195 317
<i>Tectona grandis</i>	15 504	86 134	7 923	109 561
<i>Cedrela odorata</i>	7 735	19 276	34 519	61 530
<i>Inga</i> sp.	100	3400	51 954	55 454
<i>Gmelina arborea</i>	21 423	19 755	8 900	50 078
<i>Gliricidia sepium</i>	4 140	6 778	5 507	16 425
<i>Vochysia guatemalensis</i>	5 924	6 705	3 498	16 127
<i>Eucalyptus deglupta</i>	100	2 130	11 843	14 073
<i>Dipteryx panamensis</i>	9 662	2 596	1 380	13 638
<i>Pinus caribaea</i>	-	1 000	11 031	12 031
<i>Diphysa americana</i>	-	9 118	2 750	11 868
<i>Tabebuia rosea</i>	850	7 821	2 841	11 512
<i>Terminalia amazonia</i>	1 990	6 578	2 715	11 286
<i>Zygia longifolia</i>	200	5 295	2 714	8 209
Desconocidas	-	15 717	12 658	28 375

Fuente: Expedientes de proyectos formalizados con FONAFIFO

Cultivos asociados

En la Figura 3 se muestra la distribución de los proyectos de acuerdo al cultivo asociado. Los componentes agrícolas reportados con mayor frecuencia son: café (48 %) y pastos (19 %), y en una misma proporción al anterior se encuentran los sistemas diversificados, es decir, aquellos en los que el SAF está asociado a múltiples

cultivos. En una menor proporción, se encuentran sistemas asociados a granos básicos y hortalizas, así como a frutales y otros cultivos perennes. El 1 % de los proyectos evaluados se encuentran en asocio con musáceas o con raíces y tubérculos.

Se encontraron 21 casos en los que no se indica el cultivo agrícola asociado, la mayor parte de ellos en la oficina SJ-01.

Los sistemas asociados a café presentan una mayor concentración en la oficina SJ-02 (73 %), con una mayor presencia en el cantón de Pérez Zeledón y la zona de Los Santos. La tecnología agroforestal utilizada en un 81 % de los casos es el asocio con cultivos. En menor proporción se tienen sistemas mixtos (14 %) que combina árboles dentro del cafetal y en hileras. Por otra parte, en SJ-02 sólo un 9 % de los proyectos evaluados están asociados a pastos, ubicándose en su gran mayoría en el cantón de Pérez Zeledón.

En SJ-01 los proyectos con café representan una proporción muy baja (6 %) encontrándose dispersos en toda el área de influencia de esa oficina, mientras que hay una predominancia de proyectos asociados a pastos (32 %) con una concentración mayor en los cantones de Puriscal y Turrubares.

En SC-01 no se registró ningún proyecto asociado a café, mientras que, los pastos son el cultivo predominante en esta oficina (43 %) ubicados principalmente en el distrito de Pocosol.

En todos los casos, la tecnología asociada a pastos es el bloque, con frecuencias cercanas al 50 % o superiores para el caso de SJ-01 y SC-01. En el caso de SJ-02, las hileras asociadas a pastos representan el 35 % de los casos evaluados.

Los proyectos asociados a fincas diversificadas guardan una proporción muy similar en SC-01 y SJ-01 (35 % y 34 % respectivamente). En el primer caso, estos proyectos se encuentran distribuidos en toda el área de influencia y corresponden, o bien a fincas ganaderas que cuentan además con un área dedicada a la producción de raíces, tubérculos o musáceas, o a fincas dedicadas a la producción de una gran variedad de cultivos. En SJ-01 las fincas diversificadas se concentran en los cantones de Puriscal y Turrubares y se da una mayor variación en las combinaciones de cultivos producidos. La tecnología de uso más frecuente en fincas diversificadas es el bloque, superando el 60 % en todos los casos.

Los casos de proyectos asociados a la producción de cultivos anuales - granos básicos y hortalizas - presentan la mayor proporción en SJ-01 (14 %) concentrándose en Puriscal y Turrubares. En el 60 % de estos casos, la tecnología utilizada es el bloque.

Cuadro 4. Porcentajes de mortalidad reportada en los informes certificados de los proyectos.

Table 4. Percentage of mortality reported in the certified reports of the projects.

Mortalidad (%)	Proyectos
0-5	394
5-10	20
10-15	8
15-20	1
No hay reporte	32
Total	455

Fuente: Expedientes de proyectos formalizados con FONAFIFO

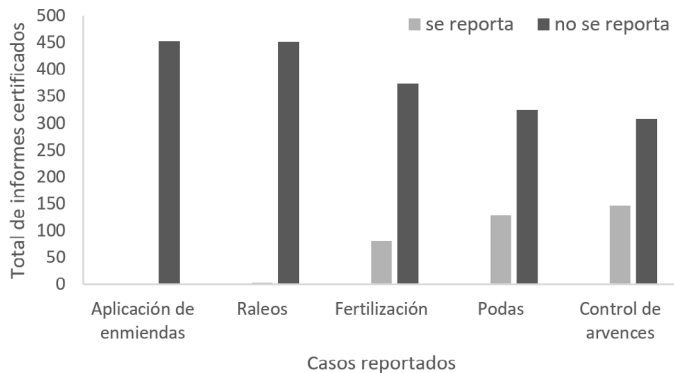


Figura 4. Número de reportes de actividades silviculturales realizadas.
Figure 4. Number of reports of silvicultural activities carried out.

La presencia de proyectos asociados únicamente a musáceas o a raíces y tubérculos es muy reducida. Se registran dos casos en SC-01 y seis en SJ-02. Estos cultivos son reportados con mayor frecuencia asociados a café o en fincas diversificadas.

Estructura

El Cuadro 2 muestra la distribución de los proyectos según su composición estructural por oficina regional. Se percibe una alta proporción de proyectos agrosilviculturales (65 %) concentrados principalmente en SJ-02, donde esta tecnología corresponde al 83 % de los proyectos evaluados.

En SJ-01 esta estructura es también la más frecuente, aunque en una proporción menor respecto a las otras (35 %). En un orden mucho menor (19 %) se encuentran los sistemas silvopastoriles, con una mayor representación en SJ-01 y SJ-02. En estructura es la más frecuente en SC-01. Los sistemas agrosilvopastoriles son los que se establecen con menor frecuencia tanto a nivel

general como a lo interno de cada una de las oficinas regionales (12 %).

Especies forestales utilizadas

En el Cuadro 3 se muestran las 14 especies con el mayor número de individuos reportados según la oficina regional. Se registraron un total de 155 especies distintas. Adicionalmente se contabilizaron un total de 5893 individuos en la especie se clasifica como indefinida o bien no hace referencia a una especie en particular.

De forma general, las especies se pueden agrupar en dos grandes grupos: especies de servicio o asociadas a sistemas agroforestales tradicionales y especies maderables establecidas en bloques o linderos. Dentro del primer grupo destaca el género *Erythrina* sp. con 195 317 individuos principalmente asociados a la tecnología de árboles en cultivo mientras que en el segundo aparecen especies como teca, melina y especies del género *Cedrela*.

La oficina SC-01 reporta en total 73 especies, siendo *Gmelina arborea*, *Tectona grandis* y *Dipteryx panamensis* las más utilizadas. Al igual que en SC-01, las especies con mayor número de individuos en la oficina SJ-01 son *G. arborea*, *T. grandis* y *C. odorata* (ver Cuadro 3). Además, seis de las diez especies con mayor cantidad de individuos coinciden con las especies encontradas en SC-01. Para los proyectos revisados en esta Oficina Regional, no se reporta a qué especie pertenecen 15 717 individuos pues el regente no lo reporta en los informes certificados.

Manejo silvicultural reportado

En un 86 % de los proyectos evaluados se reportó porcentajes de mortalidad menores al 5 % y solo en 9 de los 455 expedientes evaluados, se reportó porcentajes de mortalidad mayores al 10 % (ver Cuadro 4).

En la Figura 4 se encuentra la cantidad de reportes para distintas actividades silviculturales encontradas en los informes de seguimiento de los proyectos activos.

Del total de expedientes analizados, en más del 65 % no se hace el reporte de las prácticas culturales realizadas en los proyectos (ver Figura 4). La actividad silvicultural que presenta mayores reportes de ejecución es el manejo de arvenses con un 33 % seguido de la actividad de poda con un 28 % y la fertilización se reporta únicamente en el 18 % de los informes.

No se encontró consistencia en la información referente al estado fitosanitario de los proyectos pues no todas las variables consideradas para análisis son reportadas, aun en un mismo informe.

Discusión

Los resultados obtenidos con respecto a la mayor presencia de proyectos asociados a café, es congruente con el hecho de que dos de las oficinas analizadas tienen como área de influencia regiones cafetaleras de importancia según la clasificación del Instituto del Café de Costa Rica [10]. Sin embargo, en una de las oficinas, hay una mayor presencia de proyectos asociados a pastos o a sistemas diversificados, lo que podría atribuirse a una mayor proporción de regencias independientes. El no contar en estos casos con una organización dedicada a una actividad productiva en particular y que promueva la implementación de los SAF en la modalidad de PSA, hace que los proyectos encontrados sean muy diversos en cuanto al cultivo asociado.

De acuerdo a Somarriba [11] un SAF debe tener al menos dos componentes que interactúan biológicamente siendo uno de ellos de uso agrícola, por lo que un bloque no es un sistema agroforestal; sin embargo, los resultados obtenidos demuestran una predominancia de esta tecnología asociada a pastos en la Zona Norte, Puriscal, Turrubares y Pérez Zeledón.

El Pacífico Central y el Valle del General, han tenido un desarrollo cultural relacionado a la producción ganadera donde se reportan entre 1000 y 4000 cabezas de ganado por kilómetro cuadrado. Por otra parte, en la región de San Carlos, específicamente en el distrito de Pocosol se reportan sitios con más 6000 cabezas de ganado por kilómetro cuadrado [12], [13].

Los bloques se encuentran también en gran parte asociados a fincas diversificadas, lo cual podría indicar que en unidades productivas en donde existen fluctuaciones de ingresos y egresos por la variedad de actividades agrícolas, el establecimiento de pequeñas áreas de plantación se visualiza como un amortiguador en tiempo de crisis cuando se hacen raleos y un ingreso seguro a mediano plazo.

Las hileras se encontraron en una proporción muy reducida pese a su potencial uso como cercas vivas en ganadería tal como lo indican Russo & Botero [14].

Descripción de los sistemas

La mayoría de los sistemas de producción corresponden a plantaciones de café ubicadas en las regiones cafetaleras Brunca y Tarrazú, con árboles dentro del cultivo como sombra. El reporte en una alta proporción de los géneros *Erythrina*, *Inga* sp. y de la especie *Gliricidia sepium* es consistente con lo indicado por Muschler [15], Botero y Russo [16], INEC [17] y Farfán [18], al referirse a estas especies como árbol de servicio en los cafetales. La incorporación de árboles de servicio en cafetales incrementa el contenido de materia orgánica en el suelo,

reduciendo la erosión laminar y favoreciendo el ciclaje de nutrientes. Además se promueve el desarrollo de microorganismos que mejoran las características físicas del suelo propiciando mayor aireación y movilidad de nutrientes [19].

Orozco, López, Rojas, & Somarriba [20] y la ONF [21] reportan el uso de *Cedrela odorata* en cafetales, lo cual coincide con lo encontrado, aunque esta especie también se encuentra reportada en una proporción similar en bloques. Los mismos autores reportan el uso de *Eucalyptus* sp. tanto dentro del cultivo como en hileras, sin embargo, los casos encontrados se hallan en una mayor proporción en bloques y no asociados a cafetales.

El uso de *Cedrela odorata* tanto en cafetales como en bloques podría estar asociado al alto precio de la madera de esta especie que, según el análisis de precios para la madera realizado en el 2018 por la ONF, destaca entre las 4 especies con mayor precio de madera en pie, y entre las 10 primeras de madera aserrada [22]. El INEC [9] la reporta como una especie utilizada en un gran número de fincas en la Zona Norte lo cual coincide con los resultados obtenidos.

Los resultados obtenidos en relación a las especies maderables más utilizadas en la Zona Norte, coincide parcialmente con lo reportado por el Censo Agropecuario de 2014. Según INEC [9], *V. guatemalensis* destaca entre las 4 especies más plantadas en la zona, antecedida solamente por *T. grandis*, *G. arborea*, y *Acacia mangium*. Sin embargo, los casos que se reportan de *A. mangium* son pocos proyectos y aunque *V. guatemalensis* destaca entre las 10 más utilizadas, no está presente con en la misma proporción que describe en el Censo Agropecuario de 2014.

Manejo silvicultural

La evaluación de la mortalidad en las primeras fases de desarrollo de un cultivo forestal es un indicador de calidad del establecimiento de las mismas. Murillo et al. [23], menciona que porcentajes menores al 10 % son adecuados para el establecimiento de plantaciones de calidad. Las bajas tasas de mortalidad reportadas pueden deberse a resiembra ya que en algunos proyectos que fueron visitados se detectó heterogeneidad en el crecimiento de los árboles, sin embargo, en los informes no se encontró datos sobre el número de árboles sustituidos.

Existen varias actividades dentro del manejo de plantaciones forestales que deben ser contempladas para garantizar una alta productividad y su éxito. Entre esas actividades destaca el control de plantas arvenses, las podas y los raleos [24].

El control de arvenses es una práctica que permite mejorar la sobrevivencia de los árboles y tener adecuadas tasas de crecimiento lo que resulta en un aumento de la productividad [12], [25], [26]. A pesar de ser la práctica que se reporta en mayor grado, su implementación no es generalizada.

En especies de valor comercial, la poda temprana tiene como objetivo mejorar la calidad, aspecto y valor de la madera, además de facilitar la ejecución de otras prácticas culturales [27], [28], [29], [30]. A su vez, la biomasa generada como producto de la poda, aporta materia orgánica al suelo, contribuyendo a las condiciones físicas y químicas del suelo [19], [31]. En árboles de servicio esta práctica debe hacerse aun de manera más intensiva para reducir la competencia con el cultivo asociado [18]. El bajo reporte de ejecución de esta práctica en los proyectos evaluados podría resultar en madera de baja calidad para el caso de especies de uso comercial y competencia con los cultivos asociados en el caso de árboles de servicio afectando al sistema de producción en su conjunto.

Los pocos registros en relación con la implementación de prácticas como el encalado y la fertilización deben ser analizadas por las implicaciones que esto tiene en el sistema de producción tanto para el componente agrícola o pecuario como para el forestal. Alvarado y Fallas [32] plantean que omitir esta práctica o hacerla de forma genérica, sin un análisis de suelos previo, puede generar problemas fisiológicos y en casos más extremos la muerte de los individuos.

El raleo es una actividad requerida para eliminar la competencia por recursos y reducir mortalidad [30], [33]. A pesar de que en el área de estudio hay una alta cantidad de proyectos con especies forestales como teca y melina que requieren raleos a edades tempranas [34], no se reportó esta práctica inclusive en proyectos con edades superiores a los 5 años, comprometiendo la calidad de los productos y poniendo el riesgo el estado fitosanitario de los sistemas.

Conclusiones y recomendaciones

Hay una prevalencia de proyectos correspondientes a sistemas agroforestales en café, con una alta concentración en la región central oriental. Es necesario promover el PSA en la región occidental la cual incluye un área importante dedicada a la actividad cafetalera del país.

La mayor proporción de especies arbóreas reportadas en los informes corresponde a árboles de servicio asociados a cafetales, mientras que las especies maderables de valor comercial se encuentran en

bloques. Hay un importante número de casos en los que la especie forestal no es reportada por lo que es necesario que este dato sea de reporte obligatorio.

El establecimiento de bloques, pese a no ser un SAF, se ha convertido en una modalidad muy atractiva para las personas que optan por PSA, pues permite el establecimiento de plantaciones comerciales con un reconocimiento económico mayor que la modalidad de reforestación y con contratos de menor vigencia.

Es necesario incorporar en los formularios de informes certificados, el registro de la verificación en campo de la implementación de prácticas silviculturales, así como la descripción del estado fitosanitario de los proyectos.

Referencias

- [1] FONAFIFO, "Pago de Servicios Ambientales", 2014 [Online]. Disponible en: <https://www.fonafifo.go.cr/es/servicios/pago-de-servicios-ambientales/>. [Accesado febrero 22, 2019].
- [2] A. Camacho y V. Solano, Un nodo de cooperación sobre los servicios ambientales en Costa Rica. San José, Costa Rica: IICA, 2010.
- [3] Sistema Costarricense de Información Jurídica, "Oficializa las Políticas y Criterios de priorización para el Programa de Pago por Servicios Ambientales N° 39660-MINAE", 2016, [Online]. Disponible en <http://www.pgrweb.go.cr/scij/>. [Accesado marzo 29, 2019]
- [4] J. Rodríguez y A. Sáenz, "Pago por servicios ambientales en Costa Rica", Revista Forestal Centroamericana, no. 37, pp. 68-71, 2002.
- [5] C. Borges, E. Ortiz y L. Sage, "Impacto del Programa de Pago de Servicios Ambientales en Costa Rica como medio de reducción de la pobreza en los medios rurales", Unidad Regional de Asistencia Técnica, 2003.
- [6] Contraloría General de la República, "Efectos del programa pago por servicios ambientales (PSA) implementado por el Estado costarricense", División de fiscalización operativa y evaluativa, Area de servicios ambientales y de energía, 2011
- [7] O. Sánchez y J. Navarrete, "La experiencia de Costa Rica en el pago por servicios ambientales, 20 años de lecciones aprendidas", Revista de Ciencias Ambientales, vol. 51, no. 2, pp. 195-214, 2017.
- [8] J. Farrell y M. Altieri, "Sistemas agroforestales", en Bases científicas para una agricultura sustentable, M. Altieri, Montevideo, Uruguay: Nordan-Comunidad. 1999, pp 229-243.
- [9] Instituto Nacional de Estadística y Censos, "VI Censo Nacional Agropecuario 2014", INEC, 2014.
- [10] Instituto del Café de Costa Rica, "Cobertura cafetalera". ICAFE, 2012.
- [11] E. Somarriba, "Revisiting the past: an essay on agroforestry

- definition". *Agroforestry systems*, vol. 19, no. 3, pp. 233-240, 1992.
- [12] A. Garau, C. Ghersa, J. Lemcoff and J. Baraño, "Weeds in *Eucalyptus globulus* subsp. *Maidenii* (F. Muell) establishment: Effects of Competition on Sapling Growth and Survivorship", *New Forests*, vol. 37, no. 3, pp. 251-264, 2007.
- [13] S. García Rangel, J. Walcott, X. de Lamo, C. Epple, L. Miles, V. Kapos, D. Carrión, M.E. Herrera Ugalde, T. López Lee, M. Ballesteros, E. Vega-Araya, G. Quirós Ramírez y A. Gómez Román, "Beneficios múltiples de REDD+ en Costa Rica: análisis espaciales para apoyar la toma de decisiones", Cambridge, UK: UNEP-WCMC, 2017.
- [14] R. Russo y R. Botero, "Ganadería de sombra ¿mito o realidad?", *Ambientico*, no. 245, pp. 4-8, 2014.
- [15] R. Muschler, *Árboles en cafetales*, Turrialba, Costa Rica: CATIE, 1999.
- [16] R. Botero y R. Russo, "Utilización de árboles y arbustos fijadores de nitrógeno en sistemas sostenibles de producción animal en suelos ácidos tropicales". En *Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica* (coferencia electrónica), 1998, pp. 171-192.
- [17] Instituto Nacional de Estadística y Censos, "Censo cafetalero: Turrialba y Coto Brus 2003, Valle Central y Valle Central Occidental 2004, y Pérez Zeledón, Tarrazú y Zona Norte 2006 Principales resultados", INEC, 2007.
- [18] F. Farfán, "Mantenimiento del componente arbóreo en sistemas agroforestales con café, CENICAFÉ, 2014.
- [19] R. A. Villarreyna. Efecto de los árboles de sombra sobre el suelo, en sistemas agroforestales con café, incluyendo la fenología y fisiología de los cafetos. Informe proyecto cascada. Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la naturaleza, obras públicas y seguridad nuclear. Alemania. 2016.
- [20] L. Orozco, A. López, M. Rojas y E. Somarriba, "Tipologías de fincas cafetaleras con sombra de maderables en Pérez Zeledón, Costa Rica", *Agroforestería de las Américas*, no. 43-44, pp. 86-91. 2005.
- [21] Oficina Nacional Forestal, *Guía Técnica SAF para la implementación de Sistemas Agroforestales (SAF) con árboles forestales maderables*, ONF, 2013.
- [22] A. Barrantes y S. Ugalde, "Precios de la madera para las especies más comercializadas" Oficina Nacional Forestal, 2018.
- [23] O. Murillo, Y. Badilla y A. Gallegos, "Calidad en el establecimiento de plantaciones forestales", Cartago, Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal, 2003.
- [24] M. Guevara-Bonilla, E. Briceño-Elizondo, E. Esquivel-Segura, M. Arguedas and D. Arias-Aguilar, "Cover crops as a weed control method and their effect on the initial growth of a *Tectona grandis* L.f. plantation", *Floresta*, vol. 51, no. 1, pp. 181-194. 2020.
- [25] P. Adams, C. Beadle, N. Mendham and P. Smethurst, "The impact of timing and duration of grass control on growth of a young *Eucalyptus globulus* Labill. Plantation", *New Forest*, vol. 26, no. 2, pp. 147-165, 2003.
- [26] W. Ladrach, *Manejo práctico de plantaciones forestales en el trópico y subtrópico*, Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica. 2010.
- [27] W. Fonseca, "Manual para productores de Teca (*Tectona grandis* L. f) en Costa Rica". Universidad Nacional. 2003.
- [28] A. Meza y G. Torres, "Efecto de la poda forestal en la calidad de la madera", *Kurú*, vol. 1, no. 1, pp. 71-73, 2004.
- [29] F. Rojas, D. Arias, R. Moya, A. Meza, O. Murillo y M. Arguedas, "Manual para productores de Melina (*Gmelina arborea*) en Costa Rica". Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal, 2004.
- [30] M. Alfaro, "Melina: la madera del futuro", *Revista Forestal Centroamericana*, vol. 9, no. 29, pp. 34-38, 2000.
- [31] G. Guzmán Rivero y A. Levy Mérida. Producción de biomasa y nutrientes que genera la poda en sistemas agroforestales sucesionales y tradicionales con cacao, Alto Beni, Bolivia. *Revista Acta Nova*, vol. 4, no. 2-3, pp. 263-280. 2009
- [32] A. Alvarado y J. Fallas, "La saturación de acidez y el encalado sobre el crecimiento de teca (*Tectona grandis* L.f) en suelos ácidos de Costa Rica", *Agronomía costarricense*, vol. 28, no. 1, pp. 81-87, 2004.
- [33] M. Rivera, "Caracterización de la situación silvicultural de la teca (*Tectona grandis* Linn F.) en plantaciones y sistemas agroforestales en la Península de Nicoya", Tesis, CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2015.
- [34] M. Kanninen, L. Pérez, M. Montero and E. Viquez, "Intensity and timing of the first thinning of *Tectona grandis* plantations in Costa Rica: results of a thinning trial", *Forest Ecology and Management*, vol. 203, no. 1-3, pp. 89-99, 2004.