

Caracterización de sistemas agroforestales con café (*Coffea arabica* L.) en comunidades del departamento de Sololá

Patricia Edelmira Javier Carranza, Henry Ruiz Solsol, Margaret A. Dix¹, Michael W. Dix¹

Red Agroforestal, Universidad del Valle de Guatemala-Altiplano, ¹Centro de Estudios Atitlán-CEA, Instituto de Investigaciones, Universidad del Valle de Guatemala-Campo Central

pejavier@uvg.edu.gt

RESUMEN: El café (*Coffea arabica* L.) es económicamente importante para muchos agricultores de Guatemala, sin embargo, su producción está siendo afectada por los cambios bruscos del clima, los cuales traen pérdidas considerables en la producción. Para aumentar la información disponible sobre el manejo actual en Sololá, se caracterizó el sistema agroforestal con café en siete municipios del departamento de Sololá, por medio de observación directa de la diversidad arbórea, usos y valor agregado. Se utilizó un cuestionario con preguntas cerradas, para quince parcelas registrando las especies arbóreas, nombre común, altura del árbol y usos. Las variables medidas fueron la diversidad arbórea, productos obtenidos y beneficios económicos generados por los árboles. De los diecisiete taxones arbóreos registrados en las parcelas visitadas los más importantes por su abundancia, frecuencia y dominancia relativa fueron: *Inga spuria* Humb. & Bonpland ex Willd. (Fabaceae), *Persea americana* Mill. (Lauraceae) y *Grevillea robusta* A. Cunn (Proteaceae). Los servicios ecosistémicos más reportados fueron fertilización del suelo, rastrojo de cobertura (*mulch*), protección contra erosión y apoyo para la biodiversidad. Los servicios económicos más reconocidos fueron la aportación de leña por *P. americana* (aguacate) y venta por alimento de esta especie y *Spondias purpurea* L. (el jocote). Los servicios ecosistémicos proporcionados para la diversidad y el valor económico de los árboles de sombra se podría incrementar aprovechando sus usos potenciales y su comercialización. El manejo actual de los cafetales provee información útil para mitigar y adaptar al impacto de cambios climáticos e implementar estrategias que busquen el desarrollo sostenible.

PALABRAS CLAVE: Café, sistemas agroforestales, servicios ecosistémicos, resiliencia, economía.

Characterization of forest systems with coffee (*Coffea arabica* L.) in communities from Solola

ABSTRACT: Coffee (*Coffea arabica*) is economically important for many farmers in Guatemala, yet its production is affected by abrupt climatic changes that bring heavy losses in production. In order to increase available information concerning actual management in Sololá, we characterized the agroforestry system found in coffee plantations in seven municipalities through direct observation of tree diversity, uses and added value. We used a closed questionnaire for 15 sites and recorded tree species, local name, height, and uses as indicated by the farmer. We analyzed diversity, products and economic benefits generated by the trees as well as whether cultivation used conventional or organic techniques. Of the seventeen tree species registered in the sites, the three most abundant were: *Inga spuria* Humb. & Bonpland ex Willd. (Fabaceae), *Persea Americana* Mill. (Lauraceae) and *Grevillea robusta* A. Cunn (Proteaceae). The most reported ecosystem services were soil fertilization, mulch, protection from erosion and support for biodiversity. The most recognized economic benefits were firewood production by *P. americana* (avocado) and the sale of avocado and jocote (*Spondias purpurea* L.) fruits. The ecosystem services and economic value provided by the shade trees could be increased through a consideration of all potential uses and increased commercialization. The actual management (organic or conventional) provides information useful for mitigating and adapting to climatic change impacts and for implementing strategies that promote sustainable development.

KEYWORDS: Coffee, agroforestry systems, ecosystem services, resilience, economy.

Introducción

El café es de importancia económica para muchos agricultores de Guatemala, sin embargo, su producción ha estado afectada por los cambios bruscos del clima, los cuales traen pérdidas considerables en su rendimiento y desarrollo. La agroforestería es una alternativa sostenible de interacción de cultivos, especies arbóreas y la comunidad biológica asociada que puede generar mayores ingresos en los productores obteniendo así beneficios que les permite suplir necesidades sociales, económicas y ambientales (Javier, 2018; Vandermeer *et al.*, 2010).

Los sistemas de sombra más complejos son conocidos por proporcionar hábitats a diferentes grupos de animales y por lo tanto respaldan a una comunidad de la fauna más diversa que los sistemas manejados sin sombra (Bhagwat *et al.*, 2008; Perfecto *et al.*, 2004). Esta mayor biodiversidad y las más complejas estructuras de la vegetación se han asociado con diferentes servicios de los ecosistemas.

Perfecto *et al.* (2004) encontraron que los sistemas de café bajo sombra más diversos respaldaron a una comunidad de aves más diversa y numerosa, lo que aumentó la depredación sobre orugas, reduciendo por consiguiente el daño a plantas y frutas. Un estudio de la exclusión de aves por Kellerman *et al.* (2008) mostró que las aves suministraron ecológica y económicamente valiosos servicios a los productores de café en Jamaica al reducir los daños de la broca del café. Por lo tanto, se espera que los servicios del ecosistema proporcionados por la biodiversidad contribuyan positivamente a los medios de vida de los agricultores y aumenten la resiliencia por las plagas y enfermedades. Por otro lado, los sistemas de café bajo sombra ayudan a mantener no solamente la biodiversidad vegetal y animal sino también los paisajes los cuales contribuyen a la atracción turística de una región. (Jezeer&Verweij, 2015)

La Asociación Nacional del Café (ANACAFE) comparte que por la sierra montañosa de los Cuchumatanes se encuentra la región Huista, región cuya actividad económica principal es el cultivo del café. Esta región cuenta con más de 3,800 pequeños productores de café, quienes están agremiados en diversas entidades, entre ellas las Cooperativas, cada una de ellas organizadas con el objetivo de mejorar las condiciones de vida de sus asociados y sus familias. En el año 2014, 42 caficultores asociados con capacidad de producir 2,500 quintales de alta calidad por temporada se constituyeron como Cooperativa Integral Agrícola. Enfatizan la aplicación de técnicas nuevas agroecológicas. (ANACAFE, 2018).

Los sistemas agroforestales (SAF) de café bajo sombra pueden resultar muy productivos y sostenibles, considerando que, con la aplicación de técnicas adecuadas, permiten consolidar o aumentar la productividad de cultivos agrícolas y plantaciones forestales, o por lo menos evitar que el suelo se degrade o que decline la productividad con el paso del tiempo (Hernández,

2013; Leal, 2017), así como en la prevención del decaimiento letal del café (*Mal de Viñas*) en Guatemala (Braeuner *et al.* 2005). Las especies arbóreas de los cafetales ayudan en mantener la materia orgánica del suelo y disminuir la erosión en suelos volcánicos en pendientes fuertes, como los de Sololá.

El análisis que realizó CATIE del marco legislativo y político que rige la producción, transporte y uso de la madera proveniente de fincas agropecuarias en los países de la región centroamericana mostró que simplificarla autorización de permisos para el aprovechamiento maderable en la región, como se hace actualmente en Guatemala y Belice, podría fomentar el manejo sostenible de los árboles maderables en fincas agropecuarias y la comercialización legal de la madera en cualquier punto del mercado. El cultivo, manejo y aprovechamiento legal de la madera producida en fincas agropecuarias diversifica la producción, aumenta el ingreso de la familia rural y el valor de las propiedades, almacena carbono y provee otros servicios ecosistémicos (CATIE, 2015). Además, las especies pueden proveer beneficios e ingresos por su valor alimenticia, medicinal, y artesanal (Parker, 2002; MacVean 2006).

En Santiago Atitlán, se inclinan a trabajar con SAF con carácter agrosilviculturales, tipo cercos vivos, conformado por plantas forestales como aliso (*Alnus jorullensis* Kunth), ciprés (*Cupressus lusitanica*. Miller) y gravilea (*G. robusta* A. Cunn), presentes en todo el contorno del terreno; al mismo tiempo cumplen la función de cortina rompe vientos y delimitación. Los cultivos agrícolas se encuentran distribuidos dentro de todo el terreno y los más comunes son cultivos de café (*Coffea arabica* L.), el aguacate Hass (*P. americana* Mill.) y durazno (*Prunus pérsica* L.) (García, 2015).

El presente estudio se centra en los SAF con el cultivo de café encontrados en Sololá, a fin de poder informar al productor sobre los beneficios que le trae un SAF y el aprovechamiento del producto arbóreo durante la producción de café como una alternativa que mejora y desarrolla la productividad. La actividad cafetalera de la cuenca del lago Atitlán debe verse como una actividad de desarrollo sostenible, con sus componentes: económico, social y ambiental (ANACAFE, 2010).

La investigación planteó como primer objetivo determinar la caracterización biofísica y socioeconómica de los sistemas agroforestales implementados en las parcelas de los caficultores y como segundo objetivo la estimación de la composición, abundancia, riqueza botánica, usos de las especies arbóreas y el manejo de los cafetales que cada productor aplica en su parcela.

Los servicios ecosistémicos que brindan las especies arbóreas dentro de las parcelas y adaptación a diferentes altitudes, son indicadores clave para la toma de decisiones en su uso y pueden ser recomendados a los agricultores cafetaleros para implementar estrategias que busquen el desarrollo sostenible y la resiliencia de la socioecología en sus sistemas.

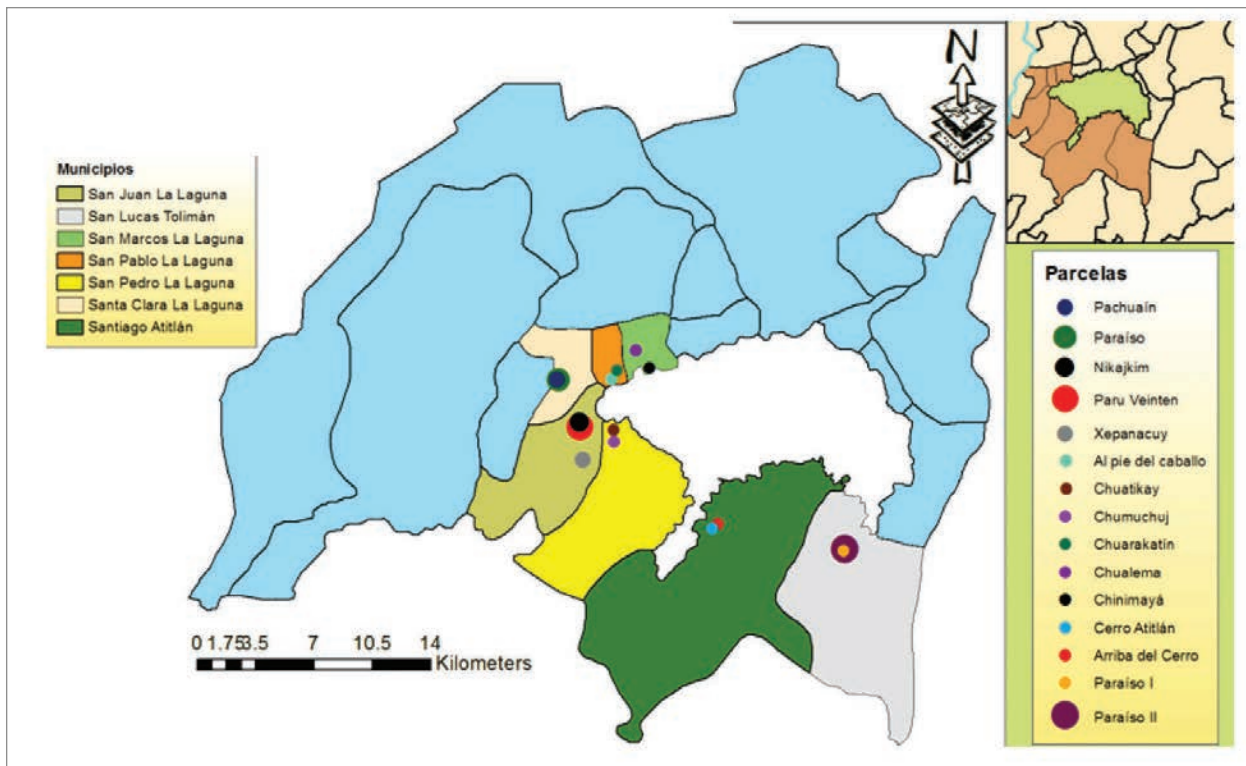


Figura 1. Ubicación de las parcelas de sistemas agroforestales con café (*Coffea arabica*) en 7 municipios de Sololá.

Materiales y métodos

La investigación realizada es de tipo descriptiva y cuantitativa, en el cual los datos fueron analizados mediante softwares estadísticos con el objetivo de responder a las preguntas de investigación: ¿Cómo varía la diversidad (riqueza, composición botánica y abundancia) de las especies arbóreas en sistemas agroforestales de los sitios de estudio? ¿Cuáles son los usos que reciben los árboles en los sitios de estudio? y ¿Cuáles son las características del terreno, cultivo, los productos de los árboles y el manejo de las plantaciones?

Ubicación del estudio

El estudio se desarrolló en siete municipios del departamento de Sololá (Santiago Atitlán, San Juan la Laguna, Santa Clara la Laguna, San Marcos la Laguna, San Pedro la Laguna, San Pablo la Laguna y San Lucas Tolimán). En cada municipio se visitaron dos parcelas, a excepción de San Juan la Laguna donde fueron tres parcelas para obtener un total de quince parcelas. Los municipios fueron seleccionados porque son los mayores productores de café en el departamento de Sololá según el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA, 2016).

La Figura 1 muestra la ubicación de las quince parcelas visitadas en el SAF con café. Todas las parcelas se ubican al oeste y el sur del Lago de Atitlán.

Plan experimental

Para cada parcela se estableció la medida de 20x50 m (1,000 m²) como área de observación. En aquellas parcelas que presentaron un área inferior a los 1,000 m², se procedió a realizar un censo. En estudios sobre SAF, café y cacao, el CATIE recomienda el uso de parcelas rectangulares con un área de 1,000 o 1,500 m². En nuestro estudio, se siguió con esta recomendación con las modificaciones acorde a la naturaleza de los sitios de estudio.

En cada parcela se realizó un inventario de las especies arbóreas. A cada individuo se le identificó por nombre local y nombre científico, tomando datos de las especies arbóreas como, altura del árbol, poda, observaciones del uso de la especie (maderable, frutal, servicio, mejoramiento del suelo, entre otros). Y en caso de especies de identificación difícil, se colectaron muestras y fueron identificadas en el laboratorio del Centro de Estudios Atitlán. Los datos recolectados se utilizaron para calcular los índices de abundancia, riqueza, diversidad y dominancia de las especies registradas.

Variables medidas en el estudio

En cada parcela se evaluó (1) la diversidad de los árboles de sombra; (2) la obtención de productos y subproductos de los árboles; (3) beneficios económicos (leña, alimento) generados por el aprovechamiento de los productos arbóreos; y (4) los tipos de SAF con café.

Instrumento utilizado con los caficultores

Para recopilar la opinión y experiencia de los productores, la información de cada sitio se recopiló utilizando una boleta de campo con un cuestionario con preguntas cerradas.

Estimación de riqueza, composición, abundancia y usos

Para el cálculo de los índices se utilizaron programas *EstimateS*, *Infostat*, *Past*, los cuales son de técnicas estadísticas con enfoque biológico que permitieron generar los índices que evalúan el valor de importancia de especies y familias, composición, biodiversidad, riqueza y dominancia de las especies registradas en cada municipio visitado.

La riqueza de especies fue representada mediante el índice de Margalef el cual expresa la riqueza específica de una muestra de una forma sencilla, teniendo en cuenta simultáneamente el número de taxones y el número de individuos dentro de una parcela y el índice de Shannon-H que indica que tan uniformemente están representadas las especies de acuerdo a sus abundancias.

La composición de las especies se registró en términos de su clasificación taxonómica: géneros, especies y familias para cada taxón.

La abundancia de especies fue analizada con el índice de Simpson que indica la probabilidad en una muestra de una o dos de las especies más frecuentes de la comunidad y el índice de Berger Parker el cual mide la contribución relativa de las especies más abundantes o la dominancia.

Se documentaron los **usos** de las especies basados en los diferentes servicios ecosistémicos que cada especie arbórea ofrece, según el caficultor.

Para todos los aspectos se generaron gráficas (dendogramas, barras apiladas y líneas) y cuadros.

Para responder al segundo objetivo, se le realizó a cada caficultor una entrevista semiestructurada para la recopilación. Para la parte **socioeconómica** se recolectaron datos tales como la forma y venta de los subproductos arbóreos y para **el manejo de los cafetales** se tomaron datos de las prácticas agroecológicas empleadas por los caficultores, como lo es la práctica orgánica que se obtiene por medio de un proceso saludable y sin daños al medio ambiente y la práctica convencional que es un sistema productivo con la utilización de abonos químicos que sean sintéticos.

Resultados y discusión

El Cuadro 1 presenta los 15 géneros, 13 familias y 17 especies registradas en las parcelas visitadas. Las familias con mayor presencia (3 especies cada una) son Fabaceae con *Inga edulis*, *I. micheliana* Harms e *I. spuria* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Jorge León y Agavaceae representada por *Cordyline fructicosa* (L.) A. Cher., *Dracaena americana* Donn. Smith, y *Yucca guatemalensis* L. El resto de familias son representadas por una especie cada una. Las especies con presencia en los siete municipios son: *I. spuria* y *P. americana* Mill. Los municipios que utilizan mayor número de especies son San Pablo la Laguna (9 spp.) y San Lucas Tolimán (7 spp.); San Juan la Laguna y Santiago Atitlán utilizan el mismo número de especies (6) y el resto de municipios San Pedro la Laguna, San Marcos la Laguna y Santa Clara la Laguna se reportan con menos especies.

Estos sistemas corresponden a policultivo comercial (6 a 20 especies arbóreas) o monocultivo sombreado (1 a 5 especies) usados en la certificación del café de sombra (Perfecto et al. 2005).

En la Figura 2 se presenta la riqueza de especies medida por el índice de Margalef para las especies arbóreas encontradas por municipio en las parcelas estudiadas. Este índice mide la riqueza específica teniendo en cuenta el número de taxones y el número de individuos presentes en la muestra. El municipio de San Pablo la Laguna tiene la mayor riqueza con un índice de 2.89, La riqueza que representa San Lucas Tolimán y San Juan la Laguna son índices de 1.31 y 1.15 respectivamente.

La Figura 3 presenta los índices de diversidad de Shannon-H obtenidos en los diferentes municipios del estudio. Éste índice penaliza la dominancia de una o unas especies sobre las otras. El municipio de San Pablo la Laguna tiene la mayor diversidad de especies con un índice de 2.10; las especies que más contribuyen son: *P. americana*, *I. spuria*, *G. robusta*, *Musa paradisiaca* L., *I. edulis*, *Spondias purpurea* L., *Bursera simaruba* (L.) Sarg., *Casimiroa edulis* (L.) Llave & Lex. y *Ricinus communis* L.

En la Figura 4 se aprecian los porcentajes que representan la abundancia relativa de las especies en los 7 municipios de estudio; *I. spuria* es la especie que ocupa el porcentaje más alto de 34.3%, seguida por *P. americana* con 23.3%, *G. robusta* con 14.6%, y *M. paradisiaca* con 11.8%, llegando a una contribución de 83.7 %. La especie de *A. jorullensis* indica 11.8% de abundancia y el resto de especies contribuyen en menor cantidad indicando dos veces el 2.2% de representatividad, estas 13 especies restantes solo contribuyen el 16.2% del total.

Cuadro 1. Listado de especies registradas en parcelas de café en siete municipios de Sololá.

Familia	Especie	Nombre común	Municipios						
			San Juan la Laguna	San Pedro la Laguna	San Pablo la Laguna	San Marcos la Laguna	San Lucas Tolimán	Santiago Atitlán	Santa Clara la Laguna
<i>Betulaceae</i>	<i>Alnus jorullensis</i> Kunth	Aliso							
<i>Burseraceae</i>	<i>Bursera simaruba</i> (L.) A. Cher	Palo de pito							
<i>Caricaceae</i>	<i>Carica papaya</i> L.	Papaya							
<i>Rutaceae</i>	<i>Casimiroa edulis</i> L. (Llave & Lex.)	Matasano							
<i>Agavaceae</i>	<i>Cordyline fruticosa</i> (L.) A.	Cola de gallo							
	<i>Yucca guatemalensis</i> L.	Izote							
	<i>Dracaena americana</i> Donn.	Palo gigante							
<i>Moraceae</i>	<i>Ficus costaricana</i> L.	Matapalo							
<i>Proteaceae</i>	<i>Grevillea robusta</i> A. Cunn.	Gravilea							
<i>Fabaceae</i>	<i>Inga edulis</i> Mart.	Guaba							
	<i>Inga micheliana</i> Harms	Cushin							
	<i>Inga spuria</i> Humb. & Bonpl. Ex	Chalim							
<i>Musaceae</i>	<i>Musa paradisiaca</i> L.	Banano							
<i>Lauraceae</i>	<i>Persea americana</i> Mill.	Aguacate							
<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Ricinus communis</i> L.	Higuerillo							
<i>Anacardiaceae</i>	<i>Spondias purpurea</i> L.	Jocote							
<i>Asteraceae</i>	<i>Eupatorium morifolium</i> Mill.	Palo de agua							
Total 13	17		6	3	9	3	7	6	3

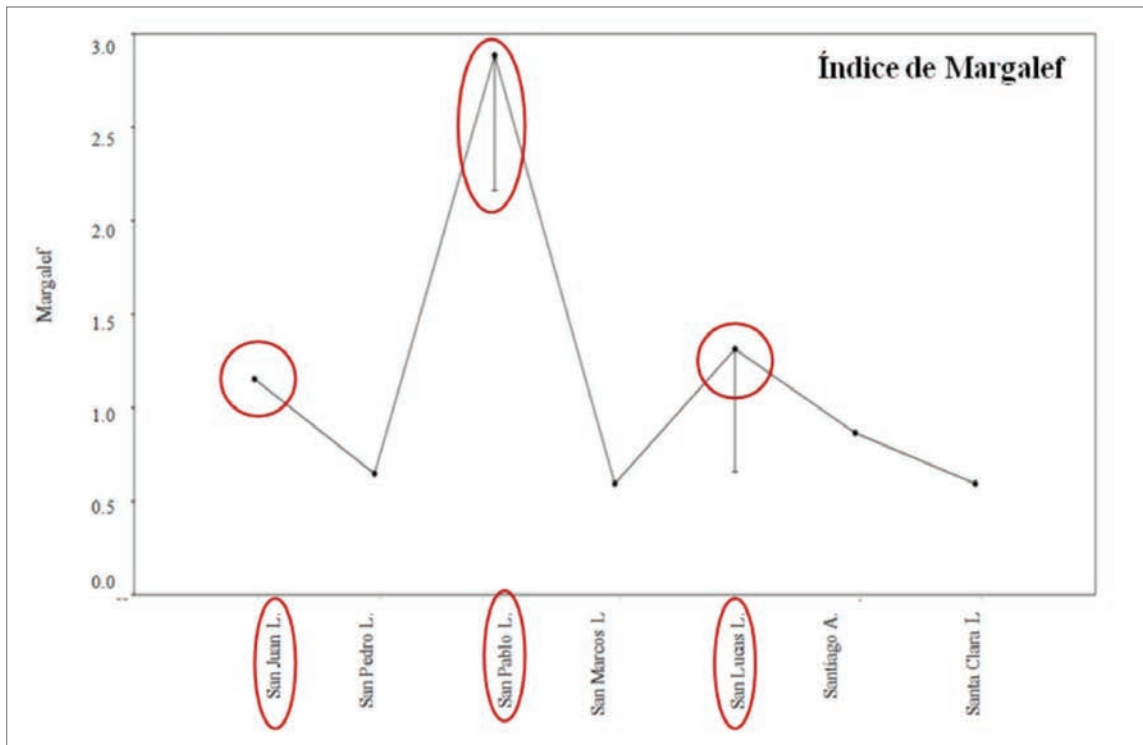


Figura 2. Índice de Margalef para especies arbóreas registradas en parcelas de café en siete municipios de Sololá.

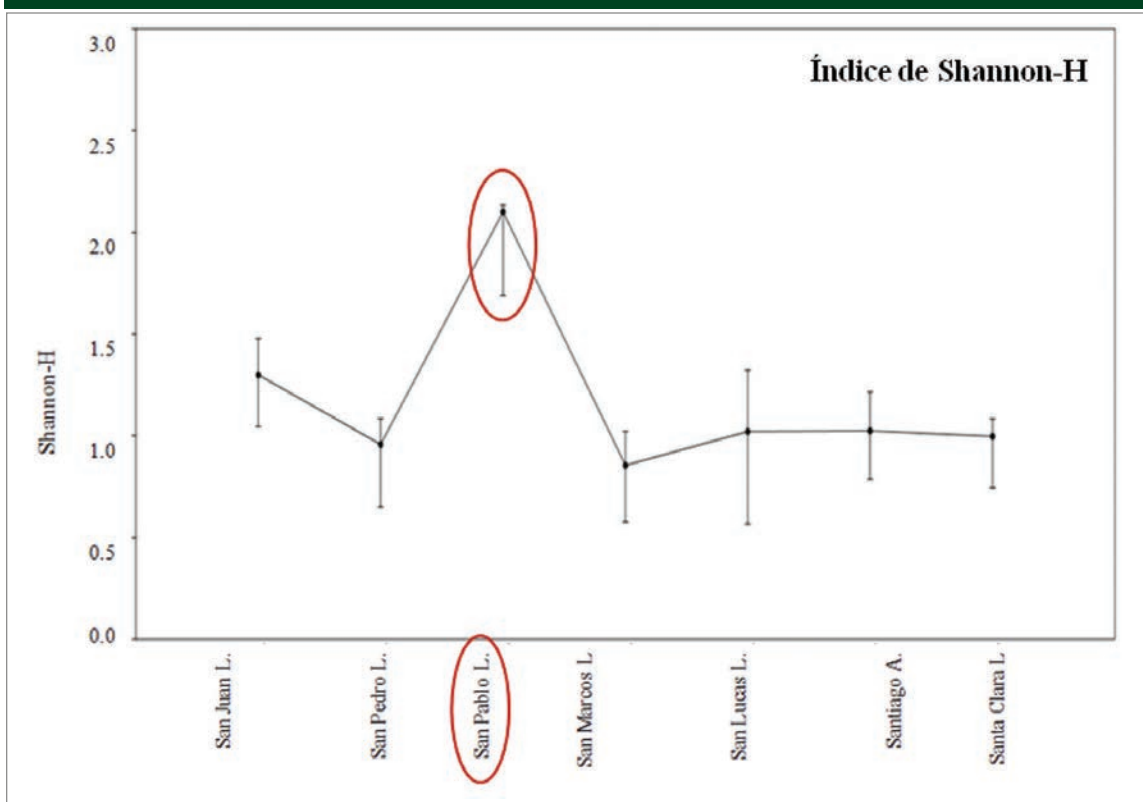


Figura 3. Índice de diversidad de Shannon-H para especies arbóreas en parcelas de café de siete municipios de Sololá.

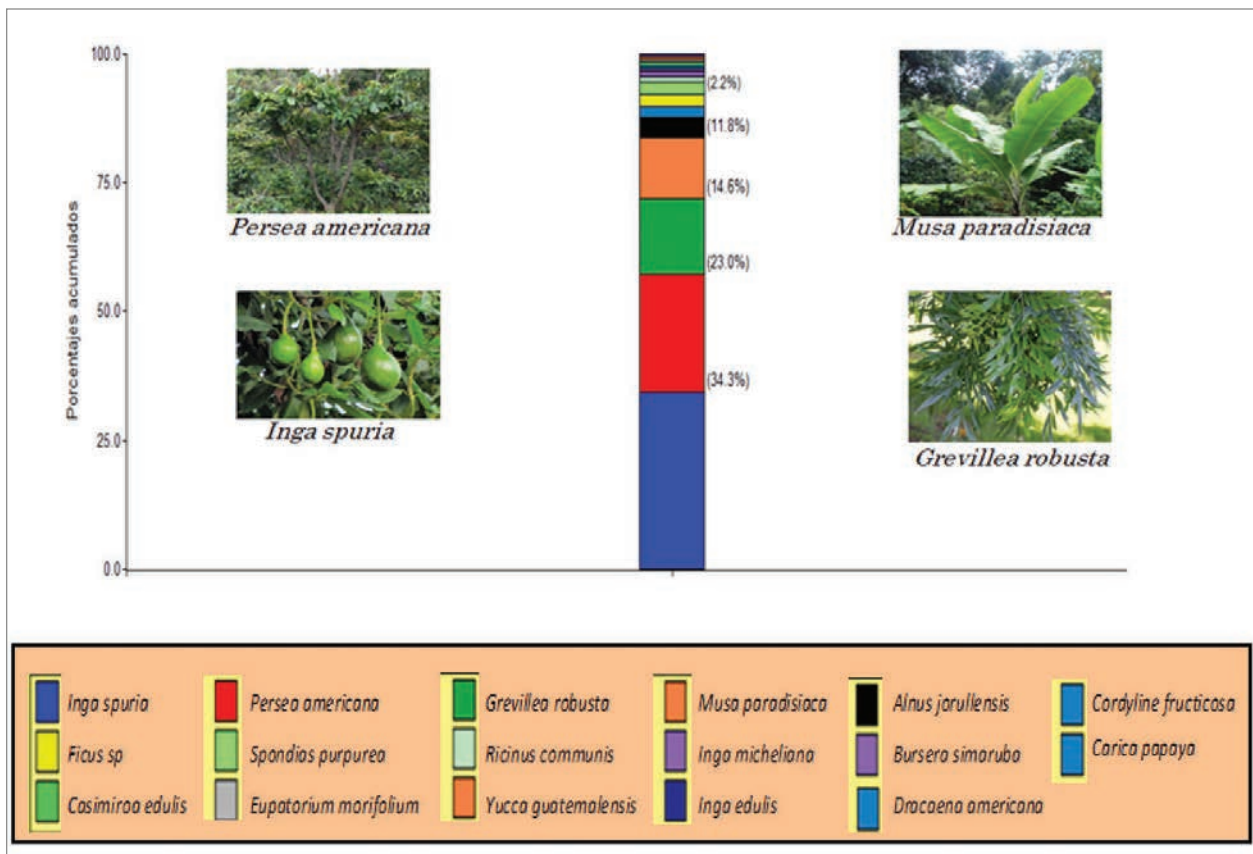


Figura 4. Abundancia de especies arbóreas encontradas en parcelas de café de siete municipios de Solalá.

La Figura. 5 presenta el índice de Berger Parker para las especies de las parcelas y muestra la dominancia del taxón más abundante. En el municipio de San Lucas Tolimán es *G. robusta*; con un índice de 0.67; en San Marcos la Laguna es *I. spuria* con 0.66; San Pedro la Laguna y en Santiago Atitlán se representan con un índice similar de 0.59, con dominancia de dos especies, *P. americana* y *M. paradisiaca*

El dendrograma del análisis de grupos afines (*cluster*) presentado en la Figura 6 agrupa las especies encontradas en los diferentes municipios de estudio con el fin de conocer cuáles son los municipios más similares en cuanto a especies presentes. Los municipios de San Marcos la Laguna y San Juan la Laguna tienen una estrecha similitud de especies respecto al taxón de *I. spuria*. También San Pablo la Laguna y San Lucas Tolimán son dos municipios similares, en este caso respecto a *G. robusta*, *I. spuria* y *P. americana*. Al contrario, el municipio de Santiago Atitlán se diferencia del resto, no posee similitud de especies con los demás municipios, esa es la razón de la singularidad en el diagrama. Este municipio muestra a la especie de *M. paradisiaca* como dominante y única en este sitio.

En el Cuadro 2 se presentan los servicios ecosistémicos reportados por los productores y separados por estrato altitudinal (alto 1700 a 2000 msnm y medio 1500 a 1699 msnm). Los servicios ecosistémicos de cada especie registrada en las parcelas visitadas, se representan por tres rangos de colores que indican el nivel de coincidencia por parte de los quince caficultores entrevistados el color verde (alta), indica que once a quince caficultores coincidieron en la contribución de los servicios ecosistémicos; el color azul (media), representa un rango de seis a diez caficultores compartiendo los mismos servicios ecosistémicos de sus especies dentro de las parcelas y, por último, el color naranja (baja), representa un rango de uno a cinco caficultores con el mismo aporte del servicio ecosistémico que ofrece cada especie.

Se registraron once posibles usos por especie. Las especies con mayor utilidad por la aportación de servicios ecosistémicos son: *A. jarullensis*; que cuenta con seis usos mencionados por los caficultores, seguidas por *G. robusta* y *P. americana* con cinco usos y para *I. spuria*, *M. paradisiaca* y *S. purpurea* reportaron cuatro usos. El resto de especies presentan de uno a tres posibles usos.

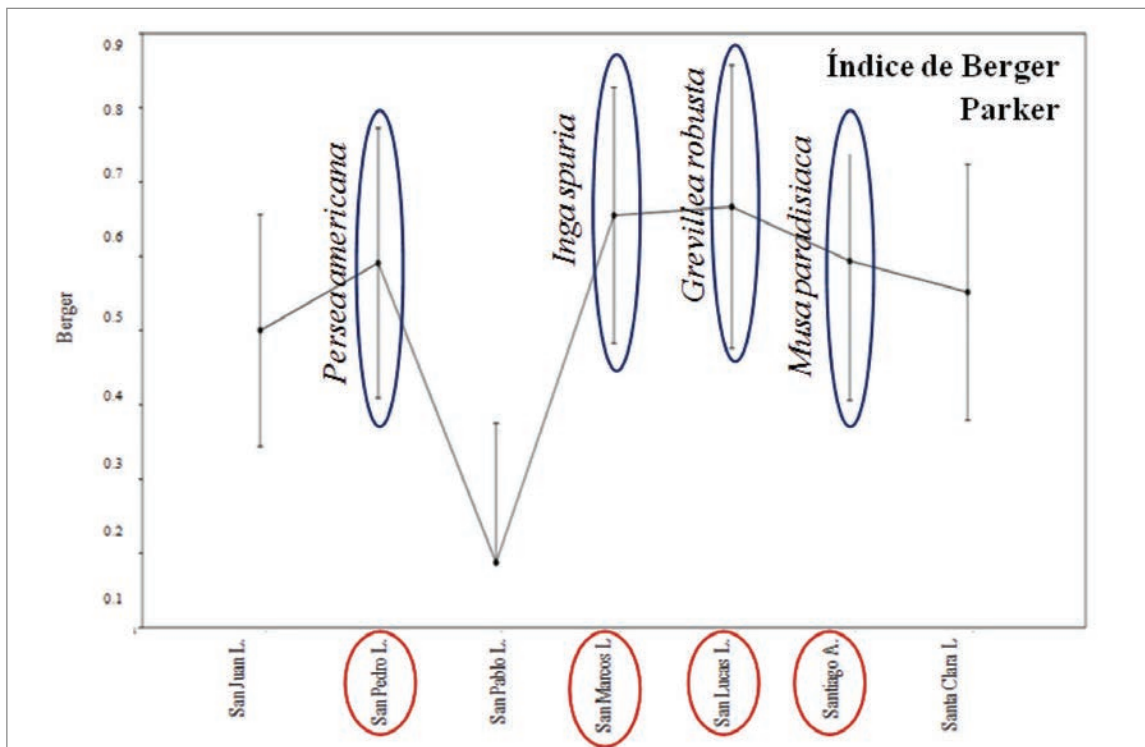


Figura 5. Dominancia de especies medida por el Índice de Berger Parker en parcelas de café en siete municipios de Sololá.

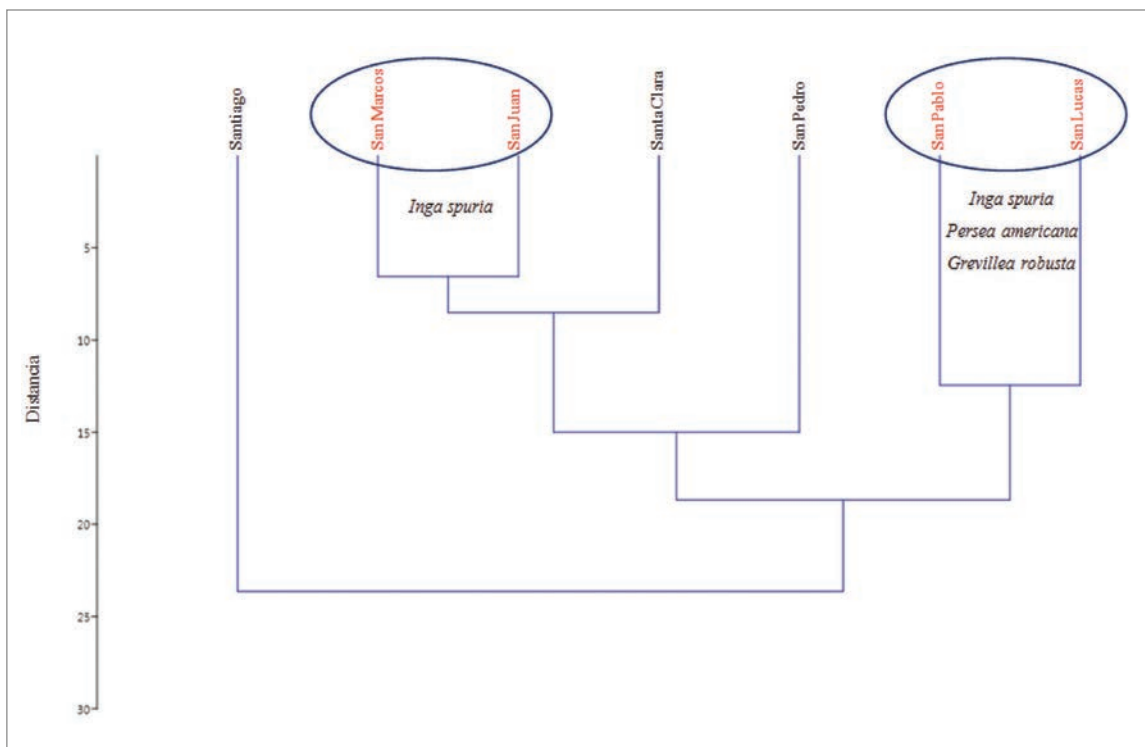


Figura 6. Dendrograma de análisis de similitud de especies en parcelas de café en los 7 municipios del estudio.

Cuadro 2. Servicios ecosistémicos (SE) reportadas por caficultores para especies arbóreas en parcelas de café en siete municipios de Sololá.

Zona de Altitud →		Altitud Alta 1700-2000 msnm										Altitud Media 1500-1699 msnm													
Alta 11-15	Servicios ecosistémicos →	Fertilidad de suelo	Erosión	Mulch	Leña	Alimento	Promueve la biodiversidad	Crecimiento rápido	Regeneración natural	Medicinal	Repelente	Herencia de cultura	Fertilidad de suelo	Erosión	Mulch	Leña	Alimento	Promueve la biodiversidad	Crecimiento rápido	Regeneración natural	Medicinal	Repelente	Herencia de cultura		
Media 6-10																									
Baja 1-5																									
Especie ↓																									
<i>Ainus jorullensis</i>																									
<i>Bursera simarouba</i>																									
<i>Carica papaya</i>																									
<i>Castmirona edulis</i>																									
<i>Dracaena americana</i>																									
<i>Eupatorium morifolium</i>																									
<i>Ficus sp.</i>																									
<i>Grevillea robusta</i>																									
<i>Inga edulis</i>																									
<i>Inga micheliana</i>																									
<i>Inga spuria</i>																									
<i>Musa paradisiaca</i>																									
<i>Persea americana</i>																									
<i>Ricinus communis</i>																									
<i>Spondias purpurea</i>																									
<i>Yucca guatemalensis</i>																									
<i>Cordylone fruticosa</i>																									
Total		6	4	7	3	3	4	2	1	1	1	4	9	6	9	3	3	5	2	1	2	1	2		
		Total de usos: 36											Total de usos: 43												

Tomando en cuenta todas las especies arbóreas presentes en los SAF, en el rango de mediana altitud (1500 a 1699 msnm) se encontraron 43 usos en comparación a 36 posibles usos en el estrato de mayor altitud. Se observa que los caficultores reconocen en especial los servicios de manejo de la fertilidad del suelo, mitigación de erosión y la provisión del rastrojo de cobertura en las diferentes altitudes. Las especies dentro de las parcelas de los productores tienen otros potenciales para ser aprovechados, que no mencionaron los caficultores. Los taxones más importantes por su abundancia, frecuencia y dominancia relativa ofrecen servicios ecosistémicos que se caracterizan por protección a heladas y tolerancia a sequías como es *G. robusta*; *P. americana* se destaca por brindar protección a mantos acuíferos y recuperación de suelos degradados, e *I. spuria* se caracteriza porque puede ser aprovechada como medicinal, comestible, obtención de leña y madera y ser utilizada para forraje para ganado bovino y caprino. (MacVean, 2006; Parker, 2008).

Las especies arbóreas usadas por los caficultores ofrecen servicios ecosistémicos los cuales incluyen; fertilidad en el suelo, rastrojo de cobertura, regulación de la biodiversidad, reducción de erosión, leña, y generación de alimento y las técnicas de manejo pueden ser utilizadas para mitigar el impacto del cambio climático. Los servicios documentados son importantes para generar resiliencia a cambios climáticos y eventos extremos de precipitación. (FAO, 2013).

La Figura 7 presenta la importancia económica que tienen las especies arbóreas respecto a los usos más frecuentes que aprovechan dentro de los sitios de estudio. El mayor aprovechamiento económico de las especies arbóreas es para leña utilizado en seis municipios visitados, principalmente de las especies *I. spuria* y *G. robusta*. El uso de la especie de sombra como fuente de leña contribuye a reducir la deforestación de los bosques de la región. A fin de tener una idea del aporte económico de los SAF estudiados, el valor de una tarea de leña (1 vara de alto y 4 varas de largo, 1 vara = 0.83 m) es de Q 100 a Q 200. Lo anterior es un apoyo a la economía familiar y contribuye a reducir la deforestación de los bosques de la región. Las especies alimenticias más aprovechadas son el aguacate, *P. americana*, y el jocote, *S. purpurea*. El valor de cada fruto de aguacate en el mercado local usualmente varía de Q1.00 a Q3.00, lo cual, dependiendo de la productividad de los SAF con árboles de aguacate, también es una fuente de ingreso para la economía familiar. El precio de venta de los frutos de jocos es de aproximadamente Q 7.00/docena.

Los SAF en la región son básicamente parte de la agricultura familiar, en donde la mano de obra utilizada es de miembros de la familia. En el mercado, la mano de obra contratada oscila entre Q 35 a Q 50 por jornal (1 día de trabajo/persona).

El Cuadro 3 presenta la distribución de los dos tipos de producción que se trabajan en las parcelas visitadas: orgánico y convencional. Ocho de los productores optan por la producción orgánica y

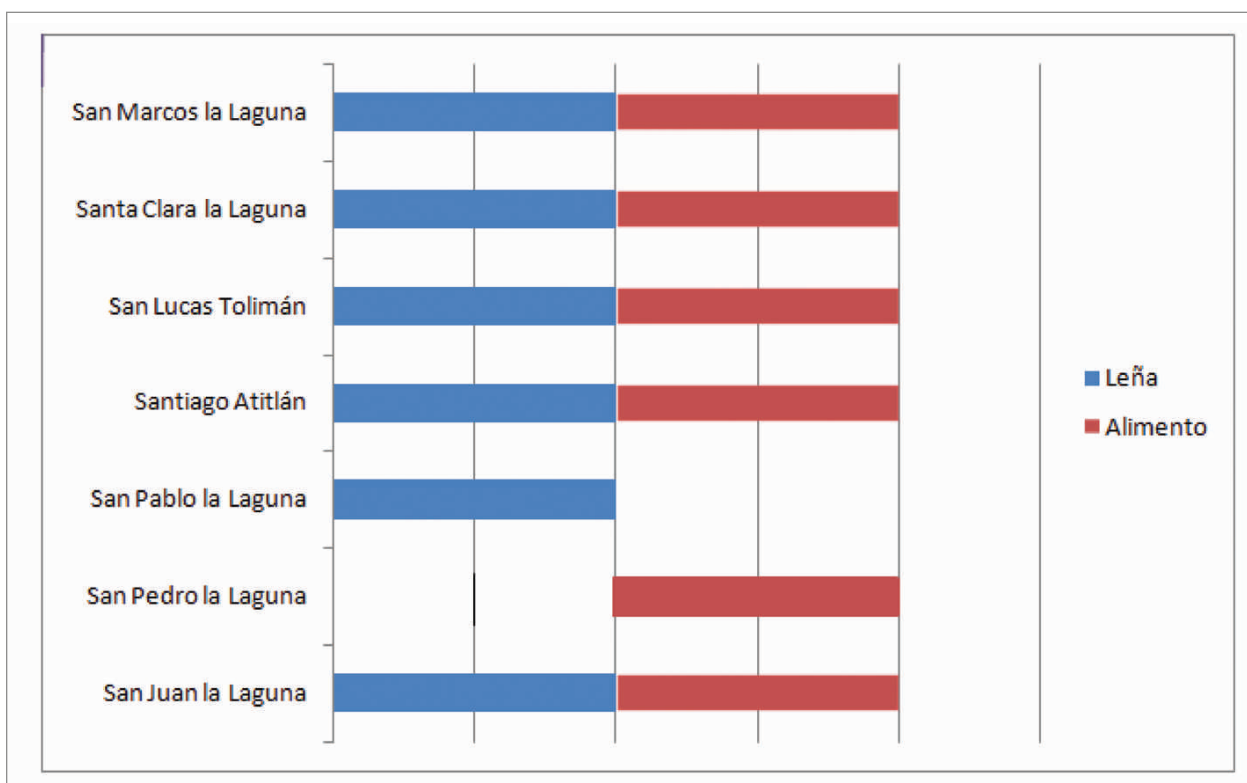


Figura 7. Importancia económica de las especies arbóreas para los caficultores de las parcelas estudiadas en siete municipios de Sololá.

una razón es porque los caficultores se encuentran organizados en grupos orientados a la producción orgánica, mientras los otros siete utilizan técnicas convencionales en donde algunos de ellos están convencidos en producir de esta forma por cultura mientras otros están en transición a cambiar su producción convencional por orgánica. Los caficultores que producen de forma orgánica para conservar la fertilidad del suelo, efectúan prácticas agroecológicas, tales como; utilización de cultivos de cobertura, siembras en contorno, barreras vivas y muertas. Tres municipios San Pedro la Laguna, Santa Clara la Laguna y San Marcos la Laguna se han sumado a producir netamente orgánico, los municipios de San Pablo la Laguna y San Lucas Tolimán se inclinan por producir de forma convencional. Los dos municipios que muestran la combinación de ambas producciones de café son San Juan la Laguna y Santiago Atitlán. Se ha demostrado que un sistema orgánico con su ensamble de diversas especies arbórea, aves y hormigas favorece el control de plagas como la broca del café (*Hypothenemus hampei*) y la escama verde (*Coccus viridis*) (Vandermeer et al., 2010).

La información generada demuestra la importancia de los servicios ecosistémicos de la capa arbórea, tanto como en el manejo como por sus beneficios económicos en los cafetales estudiados, se recomienda investigar a mayor escala el sistema

Cuadro 3. Tipos de producción empleados en el manejo del café en siete municipios de Sololá.

Municipios	Orgánico	Convencional
San Juan la Laguna	1	2
San Pedro la Laguna	2	
San Pablo la Laguna		2
Santiago Atitlán	1	1
San Lucas Tolimán		2
Santa Clara la Laguna	2	
San Marcos la Laguna	2	
Total	8	7

en Sololá. Las especies encontradas en los sitios visitados reflejan que las parcelas y sus productores son piezas clave a tomar en cuenta para implementar estrategias orientadas al desarrollo sostenible, para maximizar ganancias y conservar ecosistemas, así como para mejorar el rendimiento económico de las parcelas. Se sigue tomando en cuenta la opinión de las esposas de los productores, ya que como mujeres de hogar utilizarán las especies con un enfoque distinto tales como medicinal, gastronómico o artesanal, usos no necesariamente percibido por los hombres.

Conclusiones

Se registraron diecisiete especies arbóreas, distribuidas en 13 familias y 15 géneros, en las parcelas visitadas en los siete municipios de Sololá, con el mayor número de especies en las familias Agavaceae y Fabaceae.

Los taxones más importantes por su abundancia, frecuencia y dominancia relativa fueron: *I. spuria* (Fabaceae), *P. americana* (Lauraceae), *G. robusta* (Proteaceae) y *M. paradisiaca* (Musaceae) los cuales representan el 83.7% de la abundancia total.

La riqueza y diversidad fue mayor en San Pablo la Laguna con nueve especies. En términos de composición y abundancia relativa, San Marcos la Laguna y San Juan la Laguna forman un grupo y tienen una estrecha similitud de especies respecto al taxón de *I. spuria*; San Pablo la Laguna y San Lucas Tolimán forman otro grupo, con la similitud de especies de *G. robusta*, *I. spuria* y *P. americana* mientras que Santiago Atitlán es muy lejano de los demás municipios.

Los árboles presentes en las parcelas proveen valor económico agregado por su cosecha y venta para leña (*I. spuria* (chalum) y *G. robusta* (gravilea)) y para alimento (*P. americana* (aguacate) y *S. purpurea* (jocote)).

Agradecimiento

Agradecemos el apoyo de la Universidad del Valle de Guatemala por permitir espacios para compartir experiencias. También a Otto Cabrera por asistencia técnica, Erick Mendoza, Manuel González, Geovanni España, Eduardo Yaxón y Rodrigo Chumil, a los compañeros, Mario Mendoza y Jorge García por su apoyo en las visitas a las comunidades involucradas en este estudio.

Bibliografía

Bhagwat, S.A, Willis, K.J., Birks, H.J.B., Whittaker, R.J. (2008) *Agroforestry: a refuge for tropical biodiversity?* Trends Ecological Evolution 23: 261-7.

Braeuner, M., Ortiz, R., MacVean, C. (2005) *Efectos de aplicación de cal dolomítica y yeso agrícola en cafetales (Coffea arabica) afectados con Mal de Viñas en Guatemala* Manejo Integrada de Plagas y Agroecología (Costa Rica) 76: 17-34.

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) (2015) *Sistemas agroforestales funciones productivas, socioeconómicas y ambientales* Costa Rica. 461 págs.

Farfán V., F. (2012) *Agroforestería y Sistemas Agroforestales con Café*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 342 p.

Food and Agriculture Organization FAO (2013) *Guía de capacitación. Investigación del género y cambio climático en la agricultura y la seguridad alimentaria para el desarrollo* Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/015/md280e/md280e.pdf>

García, D. (2015) *Caracterización de sistemas agroforestales en el municipio de Santiago Atitlán, en la sub-region vi-4 Sololá* Tesis de la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. 139 págs.

Hernández, E. (2013) *Descripción del sistema agroforestal café bajo sombra en San Juan Tepezacoalco, Ixtlán, Oaxaca* Disponible en: http://web.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/congresos/Ciudad%20Obreron/RECURSOS_NATURALES/RN084.doc.

Javier, P. (2018) *Caracterización de sistemas agroforestales con café (Coffea arabica L.) en comunidades del departamento de Sololá* Tesis de la Facultad de Ingeniería en Tecnología Agroforestal, Universidad del Valle de Guatemala Altiplano. 112 pág.

Jezeer, R.E. Verweij, P.A. (2015) *Café en Sistema Agroforestal - doble dividendo para la biodiversidad y los pequeños agricultores en Perú* Hivos, The Hague, Holanda.

Kellerman, J.L., Johnson, M.D., Stercho, A.M., Hackett, S.C. (2008) *Ecological and economic services provided by birds on Jamaican Blue Mountain coffee farms*. Conservation Biology 22: 1177 - 1185 .

Leal Meza, J. J. (2017) *Caracterización del sistema agroforestal café-especial arbóreas, en los municipios de Cubulco, Granados, Rabinal, Salamá y San Jerónimo del departamento de Baja Verapaz campus "San Pedro Claver, s. j." de la Verapaz San Juan Chamelco, Alta Verapaz* Tesis Universidad Rafael Landívar. 117 pág.

López, J., Suarez, O., Orozco, E. (2010) *Por una caficultura libre de roya* Asociación Nacional del Café (ANACAFE), Guatemala. 25: 8-9.

MacVean, A.L. (2006) *Plantas útiles de Sololá, Guatemala*. Universidad del Valle de Guatemala. 222 págs.

Méndez, I., Pascual, L., Lima, C. (2018) *El Cafetal*. Asociación Nacional del Café (ANACAFE), Guatemala. 20:15-16

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA). (2016) *Producción de hortalizas y cultivos perennes en el área de Sololá*. 10 p.

Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H., Eibl, B. (2015) *Sistemas Agroforestales: Funciones Productivas, Socioeconómicas y Ambientales*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 402 p.

Parker, T. (2008) *Trees of Guatemala*. The Free Press, Texas. 1033 pp.

Perfecto, I., Vandermeer, J., López B., Ibarra N.G., Greenberg, R., Bichier, P., Langridge, S. (2004) *Greater predation in shaded coffee farms: the role of resident Neotropical birds* Ecology 85: 2677-2681.

Perfecto, Y., Vandermeer, J., Mas, A., SotoPinto, L. (2005) *Biodiversity, yield and shade coffee certification* Ecological Economics 54: 435-436.

Vandermeer, J., Perfecto, I., Philpott, S. (2010) *Ecological complexity and pest control in organic coffee production: uncovering an autonomous ecosystem service* Bioscience 60:527-537.