

# SISTEMAS AGROFORESTALES Y BIODIVERSIDAD

## AGROFORESTRY SYSTEMS AND BIODIVERSITY

**González-Valdivia, N.A.<sup>1</sup>; Casanova-Lugo, F.<sup>2</sup>; Cetzal-Ix, W.<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Chiná, Calle 11 entre 22 y 28, Colonia Centro Chiná 24050, Campeche, México; <sup>2</sup>Instituto Tecnológico de la Zona Maya, Quintana Roo, México.

**\*Autor de correspondencia:** rolito22@hotmail.com

### RESUMEN

La conservación de la biodiversidad y producción de alimentos implican un equilibrio con soluciones de rutas simples, sin embargo, el cambio de los modelos agrarios convencionales y de la crianza de animales a una agroforestería es importante para alcanzar equilibrio entre la economía y conservación. Los sistemas agroforestales (SAF) de países tropicales proporcionan un enfoque antiguo renovado para hacer frente a la necesidad de alimentar a una población creciente y evitar daño a los ecosistemas en los que se logra la producción de alimentos. Nuevos estudios han incrementado desde la década de 1980, evidencia de que es posible considerar el potencial de la agroforestería para mejorar el estado de la biodiversidad sin detener la producción agrícola, los países que destacan en el tema son Costa Rica, México y Nicaragua. Notablemente, los investigadores de la diversidad biológica asociada a los SAF mesoamericanos han centrado su atención principalmente en nueve grupos biológicos: hormigas, murciélagos, pájaros, mariposas, escarabajos coprófagos, mamíferos, la macrofauna del suelo, moluscos y plantas terrestres. Existe una tendencia cada vez mayor a estudios sobre conservación de la biodiversidad en áreas bajo cultivo o ganadería, y en ambos casos se incluyen árboles. El SAF en conjunción con la red de áreas protegidas en una región pueden ayudar a reducir el impacto negativo que causan los sistemas de agricultura y pastoreo sobre la biodiversidad, este sinergismo puede aumentar la capacidad de la conservación biológica del territorio con el aumento de beneficios económicos para la sociedad rural.

**Palabras clave:** Conservación, diversidad biológica, sistemas agroforestales.

### ABSTRACT

Biodiversity conservation and food production involve a balance with simple route solutions, however, a change from conventional agrarian models and animal breeding to agroforestry is important to reach a balance between the economy and conservation. Agroforestry systems (AFS) of tropical countries provide an old approach renovated to face the need to feed a growing population and avoid damage to the ecosystems where food production is achieved. New studies have increased the evidence that it is possible to consider the potential of agroforestry since the decade of 1980, to improve the status of biodiversity without stopping agricultural production, and the countries of Costa Rica, México and Nicaragua stand out in this practice. Notably, researchers of biological diversity associated to Mesoamerican agroforestry systems have centered their attention primarily on nine biological groups: ants, bats, birds, butterflies, dung beetles, mammals, soil macrofauna, mollusks and land plants. There is an increasingly large tendency of studies about biodiversity conservation in areas under cultivation or livestock production, and in both cases trees are included. AFS can only help to reduce the negative impact that agriculture and grazing systems have on biodiversity, in conjunction with the network of protected areas in a region, and this synergy can increase the ability for biological conservation of the territory, together with an increase in economic benefits for the rural society.

**Keywords:** Conservation, biological diversity, agroforestry systems.

**Agroproductividad:** Vol. 9, Núm. 9, septiembre. 2016. pp: 56-60.

**Recibido:** enero, 2016. **Aceptado:** agosto, 2016.

## INTRODUCCIÓN

Entre las distintas estrategias de conservación de la biodiversidad que se implementan en el trópico americano destacan las áreas naturales protegidas establecidas por decretos o legislaciones nacionales o locales (Halfpeter, 2011). En muchos casos las disposiciones legales de protección se imponen sin considerar a la población afectada. Todos estos esfuerzos resultan importantes pero insuficientes si no se incluyen desde el principio estrategias que incorporen al componente social, la apropiación consciente de una cultura de conservación por parte de la población sobre los recursos es igual o más importante que la ley o normatividad. En los paisajes de América tropical la heterogeneidad es evidente así como la ocupación y conformación de estos paisajes por el ser humano desde hace milenios (Gómez-Pompa y Kaus, 1992; Gómez-Pompa *et al.*, 2003). Esta diversidad natural tiene su efecto en la diversificación de actividades productivas en cada territorio y como afecta a los ecosistemas originales (Porter-Bolland *et al.*, 2008). Un ejemplo de la adaptación del ser humano y sus prácticas agrícolas lo constituye un complejo sistema agroforestal de tipo rotacional-impresciblemente conocido como roza, tumba y quema; que sigue siendo una práctica en la historia americana. Este sistema, más apropiadamente denominado milpa, es resultado de la aplicación de un amplio conocimiento de los ciclos naturales, biológicos, ecológicos y geoquímicos, así como de la mejora y adaptación de variedades de cultivos (Hernández-X *et al.*, 2011) que debió ser capaz de sustentar a una densidad poblacional promedio de 142 personas  $\text{km}^2^{-1}$ , superior a la actual (Ford *et al.*, 2011). Este conocimiento adaptativo ha sido resumido en una expresión: Diversidad biocultural (Toledo, 1996; Maffi, 2005) y pueden ayudar a enfrentar la incertidumbre del cambio climático (Montagnini, 2012). Los sistemas agroforestales (SAF), como expresión de la diversidad biocultural de los pueblos originarios, tienen una historia antigua en la tradición agrícola en el trópico americano. Al introducirse la ganadería y otros cultivos con la llegada de los europeos, se inició un proceso de modificación de estas formas de implementación de estrategias productivas, que poco a poco han desplazado al sistema agroforestal rotacional o milpa y sus variantes como el conuco (Petit-Aldana y Uribe-Valle, 2006), por sistemas de uso orientados al monocultivo y pasturas, que se establecen por periodos prolongados de tiempo en los suelos, dificultando que éstos recuperen su fertilidad natural, así como su equilibrio ecológico. Al eliminar la cobertura forestal de manera extensiva y prolongada, la diversidad biológica del bosque se afecta negativamente y desequilibra el sistema, provocando la degradación del suelo y la aparición de plagas. Numerosos estudios recientes demuestran que la incorporación del árbol como elemento del manejo en los sistemas agropecuarios, permite que muchas especies de animales puedan utilizar estas áreas productivas como parte de su hábitat (Harvey *et al.*, 2008; Vandermeer y Perfecto, 2007). No obstante, es claro el efecto de la eliminación de la floresta original, al documentarse que en la mayoría de los casos las especies presentes son de los de tipo generalista o los de tipo especialista en hábitats abiertos o perturbados (especies que en el bosque utilizan los claros como hábitat principal). Son especies que en el bosque se presentan en la sucesión temprana, aprovechando la caída de árboles dominantes y la dinámica de claros dentro del bosque. Las especies del interior del bosque denso, es-

pecialistas de estos ambientes arbo-  
lados, tienden a desaparecer en los  
territorios utilizados para pasturas y  
cultivos convencionales (González-  
Valdivia *et al.*, 2014).

La estrategia que permita aumentar la producción agrícola y ganadera pasa por la inclusión de diferentes estratos arbóreos, con múltiples propósitos para el humano. Los árboles deberían pertenecer a una amplia y representativa diversidad de grupos funcionales nativos, que incluyan desde árboles pioneros hasta los dominantes persistentes del dosel superior del bosque original. Los arreglos deben incluir diferentes formas y patrones espaciales, incorporando desde el conjunto de árboles dispersos, pasando por bosquetes dispersos, conectados por líneas de árboles multiespecies y multiestratos, de amplitud variable, hasta las franjas permanentes de vegetación adyacente a campos cultivados o pasturas. Aun cuando se tiene conocimiento de su valor para la conservación, la diversidad biológica asociada a los diferentes SAF en América Tropical permanece sin ser lo suficientemente estudiada y menos aún se sabe de sistemas agroforestales diseñados para mejorar su eficiencia, tanto productiva como de conservación de la vida silvestre. Los estudios acumulados hasta la fecha describen con frecuencia que los SAF albergan tanta riqueza de especies como los hábitats conservados (Tobar-López y Ibrahim, 2008; González-Valdivia *et al.*, 2011), incluso puede representar un porcentaje relativamente alto de la flora y fauna de un estado (González-Valdivia, 2003). En Campeche, México, los estudios de SAF son escasos, las autoridades locales como la secretaría de Medio Ambiente y Aprovechamiento Sustentable

(SMAAS) reconocen la necesidad de que se realicen este tipo de estudios en el estado (Rodríguez, 2015), por lo que en este estudio se discuten algunas tendencias en la investigación sobre diversidad biológica en SAF en la región mesoamericana.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La información sobre la diversidad biológica estudiada en SAF para la región Mesoamericana fue obtenida mediante el método de "bola de nieve", que particularmente se basó en seguir la literatura citada por cada autor, empezando por uno aleatoriamente seleccionado, hasta completar un número de autores, que pueden considerarse los principales sobre el tema en la región. El punto de corte en la búsqueda se detecta cuando los títulos y autores citados empiezan a repetirse, y el número de nuevos ingresos a la lista decae de manera significativa. Con este método de muestreo, propio de las técnicas de investigación cualitativas, se pretende alcanzar la generalización, siguiendo las redes de la comunicación científica en la temática planteada como objetivo (Bernard, 2006). La mayor parte de los estudios publicados sobre diversidad en SAF se concentran en Costa Rica, Nicaragua y México, con la inclusión más reciente de Colombia y Venezuela, cercanos a la región, que han aumentado el número de publicaciones derivadas de investigación en el tema. En el Cuadro 1 se presentan sólo algunos ejemplos de los autores que constituyeron la base documental de esta revisión. Además, se incluye que grupos biológicos incluían y una caracterización sobre el enfoque principal que se detectaba en la obra.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resultado de la revisión de literatura puede resumirse como un proceso iniciado en la década de 1980, con relativamente pocos artículos, y escritos científicos apareciendo en medios de difusión, que gradualmente se incrementan, de manera que en la década siguiente hubo un aumento notable en las publicaciones sobre el tema de diversidad biológica asociada a sistemas productivos. En esta etapa predominan los estudios de fragmentación de hábitats y su efecto en la diversidad

biológica, con algunas investigaciones relacionadas a medir cómo ésta se recupera con el abandono de ciertas prácticas agropecuarias, o el total cese de actividades productivas en las tierras de Mesoamérica. En esta etapa la sucesión vegetal y la recuperación del ecosistema tras el abandono fueron objetivo en muchos trabajos, el enfoque fue comprender como se dieron estos procesos y como pueden utilizarse en la restauración de los ecosistemas. En la década del 2000, las investigaciones se diversifican y aparecen de manera gradual las investigaciones sobre la diversidad asociada a sistemas de manejo agropecuario, especialmente de aquellos tipificados como SAF. La mayoría de las investigaciones se enfoca en medir a un grupo biológico e incluso una o pocas especies dentro de ese grupo.

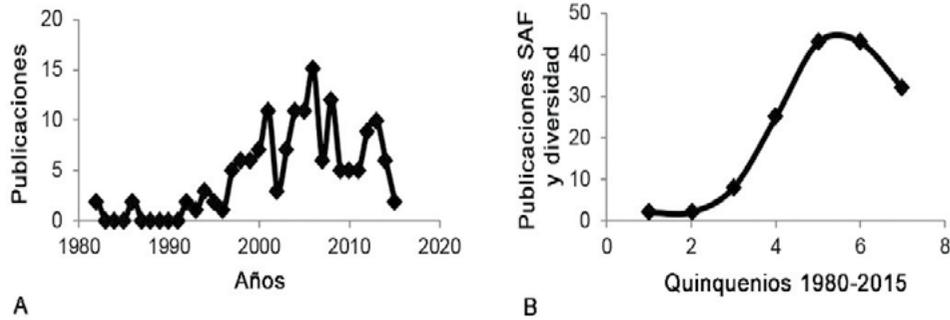
**Cuadro 1.** Algunas publicaciones ejemplo disponibles y accesibles en línea sobre SAF y biodiversidad asociada por países en Mesoamérica (incluyendo Colombia y Venezuela). Abreviaciones: SAF=Sistemas agroforestales. SSP=Sistemas silvopastoriles.

Grupos biológicos documentados	Enfoques principales	Autores
Arañas, árboles, artrópodos, aves, avispas, coleópteros, epífitas, escarabajos, herpetofauna, homópteros, hongos, hormigas, insectos polinizadores, lombrices macrofauna del suelo, mamíferos, mariposas, microorganismos, moluscos, multitaxa, murciélagos, peces, plantas, primates, ranas, reptiles, vegetación	Ecología de cacaotales y conservación, ecología de pasturas e impactos del manejo, efectos de cambio de uso de suelo, efectos ecológicos, restauración, etnoagricultura y conservación, SAF e interacciones ecológicas, SAF y biodiversidad, SAF y diversidad, SAF y relaciones ecológicas, SSP manejo e impactos y conservación, SSP y conservación, SSP y producción y conservación	Guevara <i>et al.</i> (1994), Greenberg <i>et al.</i> (1997), Ibarra-Núñez y García-Ballinas (1998), Moguel y Toledo (1999), Rojas <i>et al.</i> (2001), González-Valdivia (2003), Pérez <i>et al.</i> (2005), Pineda <i>et al.</i> (2005), Vandermeer y Perfecto (2007), Jackson <i>et al.</i> (2009), Estrada <i>et al.</i> (2006), López <i>et al.</i> (2013)

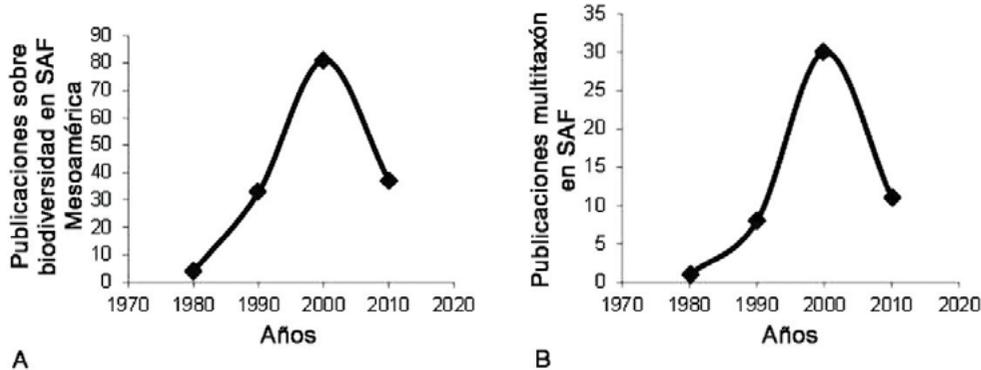
Algunas hacen estudios con múltiples taxones simultáneos. La tendencia se mantiene alta en este tipo de abordajes durante la presente década, apareciendo con mayor frecuencia las investigaciones en SAF que evalúan la biodiversidad con base en varios grupos biológicos, observados en conjunto (Figuras 1 y 2).

## CONCLUSIONES

Es interesante notar que en la región se han establecido inicialmente procesos de investigación sobre una especie o un grupo biológico específico dentro de los SAF, pero más recientemente los estudios tienden a incluir una perspectiva multitaxón. El número de publicaciones ha aumentado gradualmente y con ello también los esfuerzos por establecer el papel de los SAF como sitios adecuados



**Figura 1.** Comportamiento de las publicaciones sobre biodiversidad en SAF en la región Mesoamericana, según la literatura científica revisada entre 1980 y 2015. A. publicaciones por año. B. Publicaciones por periodo quinquenal.



**Figura 2.** Publicaciones sobre la biodiversidad en SAF mesoamericanos (incluyendo Colombia y Venezuela) en las últimas cuatro décadas. A. Publicaciones sobre la biodiversidad en SAF. B. Publicaciones con enfoque multitaxonómico obtenidas del total registrado.

para especies de diferentes grupos taxonómicos. Los principales grupos biológicos descritos dentro de distintos SAF en Mesoamérica están en primer lugar las plantas, a menudo en conjunto con las aves, seguidas por mariposas y murciélagos, gasterópodos terrestres, coleópteros coprófagos, mamíferos no voladores y macrofauna del suelo. Los mamíferos no voladores también han recibido atención, pero, aún es escasa su información o basada en registros de huellas o restos de sus actividades, por tanto la calidad de estos datos aún es limitada. De gasterópodos terrestres destacan los trabajos en Nicaragua. En México y Costa Rica se presentan estudios sobre los distintos grupos y ambos países lideran la investigación regional sobre diversidad biológica en SAF y el valor de estos para la conservación. Colombia, al sur de la región es otro centro de alta producción científica al respecto. Los demás países de Mesoamérica tienen pocos trabajos dis-

ponibles y rastreables siguiendo el método de muestreo utilizado en este estudio, pero participan en ambos extremos del periodo contenido en la presente revisión.

## LITERATURA CITADA

- Bernard H.R. 2006. Research methods in anthropology: qualitative and quantitative approaches. 4th ed. Library of Congress, Washington DC. 821 p.
- Ford A., Clarke K.C., Morlet S. 2011. Calculating late classic lowland Maya population for The Upper Belize River area. Research Reports in Belizean Archaeology 8: 75-87.
- Gómez-Pompa A., Kaus A. 1992. Taming the wilderness myth. BioScience 42: 271-279.
- Gómez-Pompa A., Allen M.F., Fedick S.L., Jiménez-Osornio J.J. 2003. The lowland Maya area. Three millennia at the human-wildland interface. Food Product Press, New York, USA. 659 pp.
- González-Valdivia N.A. 2003. Dos sistemas silvopastoriles como refugios de vida silvestre en el municipio de Estelí. Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León, León. Nicaragua. 236 p.
- González-Valdivia N.A., Ochoa-Gaona S., Ferguson B.G., Pozo C., Rangel-Ruiz L.J., Arriaga-Weiss S.L., Kampichler C. 2011. Indicadores ecológicos de hábitat y biodiversidad en un paisaje neotropical: perspectiva multitaxonómica. Revista de Biología Tropical/Journal of Tropical Biology and Conservation 59: 1433-1451.
- González-Valdivia N.A., Barba-Macías E., Hernández-Daumás S., Ochoa-Gaona S. 2014. Avifauna en sistemas silvopastoriles en el Corredor Biológico Mesoamericano, Tabasco, México. Revista de Biología Tropical 62: 1031-1052.
- Greenberg R., Bichier P., Sterling J. 1997b. Bird populations in rustic and shade coffee plantations of eastern Chiapas, Mexico. Biotropica 29: 501-514.
- Guevara S., Meave J., Moreno-Casasola P., Laborde J., Castillo S., 1994. Vegetación y flora de potreros en la Sierra de Los Tuxtlas, México. Acta Botánica Mexicana 28: 1-27.
- Halffter G. 2011. Reservas de la biosfera: problemas y oportunidades en México. Acta Zoológica Mexicana 27: 177-189.
- Hernández-X E., Inzunza F.R., Solano C.B., Arias L.M., Parra M.R. 2011. La tecnología del cultivo. Revista de Geografía Agrícola 46-47: 91-96.

- Ibarra-Núñez G., García-Ballinas J.A. 1998. Diversidad de tres familias de arañas tejedoras (Araneae: Araneidae, Tetragnathidae, Theridiidae) en cafetales del Soconusco, Chiapas, Mexico. *Folia Entomológica Mexicana* 102: 11 –20.
- Jackson D., Vandermeer J., Perfecto I. 2009. Spatial and temporal dynamics of a fungal pathogen promote pattern formation in a tropical agroecosystem. *The Open Ecology Journal* 2: 62-73
- López L., Armbrecht I., Montoya-Lerma J., Molina E. J. 2013. Diversidad de avispas parasitoides en un sistema silvopastoril orgánico de producción ganadera de Colombia. *Avances en Investigación Agropecuaria* 17: 65-78.
- Maffi L. 2005. Linguistic, Cultural, and Biological Diversity. *Annual Review of Anthropology* 29: 599-617.
- Moguel P., Toledo V.M. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology* 13: 1-12.
- Montagnini F. 2012. Los sistemas agroforestales y su contribución para la mitigación y adaptación al cambio Climático. Edición Especial de la Revista Alcance (Diciembre, 2012): 1-24.
- Pérez A.M., Bornemann G., Campo L., Sotelo M., Ramírez F., Arana I. 2005. Relaciones entre biodiversidad y producción en sistemas silvopastoriles de América Central. *Ecosistemas* 14: 132-141.
- Petit-Aldana J., Uribe-Valle G. 2006. Unidad modelo de enseñanza y transferencia de tecnología en conuco (agricultura migratoria): una propuesta. *Revista Forestal Venezolana* 50: 85-91.
- Pineda E., Moreno C., Escobar F., Halffter G. 2005. Frog, bat, and dung beetle diversity in the cloud forest and coffee agroecosystems of Veracruz, Mexico. *Conservation Biology* 19: 400-410
- Porter-Bolland L., Sánchez-González M.C., Ellis E.A. 2008. La conformación del paisaje y el aprovechamiento de los recursos naturales por las comunidades mayas de La Montaña, Hopelchén, Campeche. *Investigaciones Geográficas* 66: 65-80.
- Rodríguez O. 2015. Campeche debe apostarles aún más a la agroforestería: era. (Enero 2016) Obtenido de: <http://www.elsur.mx/noticia/109038/campeche-debe-apostarles-aun-mas-a-la-agroforesteria-era>
- Rojas L., Godoy C., Hanson P., Hilje, L. 2001. A survey of homopteran species (Auchenorrhyncha) from coffee shrubs and poró and laurel trees in shaded coffee plantations, in Turrialba, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 49: 1057-1065.
- Tobar-López D., Ibrahim M. 2008. Valor de los sistemas silvopastoriles para conservar la biodiversidad en fincas y paisajes ganaderos en América Central. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 40 p.
- Toledo V.M. 1996. México: diversidad de culturas. 2ª ed. CEMEX Agrupación Sierra Madre, México.
- Vandermeer J., Perfecto I. 2007. The agricultural matrix and a future paradigm for conservation. *Conservation Biology* 21: 274–277.

