

Artículo científico

Relaciones tróficas en un agroecosistema de la región Sabanas, Sucre, Colombia

Trophic relations in an agroecosystem of the Sabanas region, Sucre, Colombia

Pedro Ramón Caraballo-Gracia¹, Sofia Martínez-Prada² y Ana Salcedo-Díaz²¹Universidad de Sucre, Grupo de Investigación en Biodiversidad Tropical Sede Granja Perico, km 7 margen izquierdo vía Sincelejo, Colombia²Universidad de Sucre, ColombiaCorreo electrónico: pedro.caraballo@unisucra.edu.coORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9499-2797>

Resumen

El objetivo de este estudio fue definir las relaciones tróficas existentes en el agroecosistema de una granja en la región Sabanas, Sucre, Colombia. Se partió de estudios anteriores en la granja y de observaciones de campo entre los años 2014-2017. Se recopiló información de las especies, la cual permitió agruparlas según su hábito alimenticio en trofoespecies. El flujo de energía se demostró mediante una matriz binaria de interrelaciones, y se analizaron los datos diseñando una red trófica. Se identificaron seis órdenes, dos familias, ocho géneros y 166 especies. De estos grupos se establecieron 11 categorías tróficas: productores, herbívoros, nectarívoros, granívoros, insectívoros, carnívoros, omnívoros, descomponedores, hematófagos, frugívoros y carroñeros, distribuidas en 48 trofoespecies. La red trófica presentó densidad de conexiones de 3,25 y un valor de conectancia de 0,13. Se concluye que la red trófica de los agroecosistemas permitió diferenciar los patrones fundamentales en la organización trófica de los individuos, y evidenció la importancia de algunos de ellos en el flujo de energía entre trofoespecies basales y superiores.

Palabras clave: biodiversidad, intercambio de energía, niveles tróficos.

Abstract

The objective of this study was to define the existing trophic relations in the agroecosystem of a farm in the Sabanas region, Sucre, Colombia. The research started from previous studies in the farm and from field observations between 2014 and 2017. Information of the species was compiled, which allowed to group them according to their feeding habits into trophospecies. The energy flow was shown through a binary matrix of interrelations, and the data were analyzed by designing a trophic network. Six orders, two families, eight genera and one 166 six species were identified. From these groups 11 trophic categories were established: producers, herbivores, nectarivores, granivores, insectivores, carnivores, omnivores, decomposers, hematophages, frugivores and scavengers, distributed in 48 trophospecies. The trophic network showed connection density of 3,25 and a connectance value of 0,13. It is concluded that the trophic network of the agroecosystems allowed to differentiate the fundamental patterns in the trophic organization of the individuals, and showed the importance of some of them in the energy flow between basal and higher trophospecies.

Keywords: biodiversity, energy exchange, trophic levels.

Introducción

Los agroecosistemas son sistemas intervenidos de forma antrópica, es decir, su origen y mantenimiento están asociados a la actividad del hombre, quien ha modificado la naturaleza para obtener bienes y servicios (Sans, 2007). Están formados por componentes biológicos que pueden dividirse, según su función, en productores, consumidores y detritívoros o descomponedores. Estos componentes biológicos presentan una serie

de interacciones y relaciones que explican sus funciones. Cuando alguno de estos componentes no funciona de manera adecuada, se pierden sus relaciones estructurales y sus interrelaciones funcionales con los demás componentes del sistema biológico, y se altera su integridad ambiental.

Ello ocurre cuando son sobrexplotados por la intervención humana y, como consecuencia, surge la degradación y la transformación del paisaje natural,

lo que conlleva la pérdida de la biodiversidad. Según Zamar *et al.* (2015), los sistemas agropecuarios han sufrido transformaciones en su estructura y función, por su simplificación productiva, la intensificación en las prácticas agrícolas y la reducción de la heterogeneidad espacial, lo que genera una intensa degradación del medio biofísico y la disminución de la sustentabilidad y la sostenibilidad.

En los agroecosistemas se presentan relaciones tróficas no lineales, ya que el flujo de energía sigue diferentes rutas (Griffon, 2008). Dichas interacciones tróficas son un elemento clave de la dinámica comunitaria en estos y ocurren no solo entre niveles tróficos adyacentes, como cultivos y herbívoros, sino también como efectos indirectos a través de distantes niveles tróficos (Martínez-Romero y Leyva-Galán, 2014). Por eso, los estudios sobre redes tróficas son fundamentales para entender el funcionamiento de los ecosistemas.

Según Pimm *et al.* (1991), las redes tróficas son una variante del enfoque de sistema; se representan en términos de trofoespecies, que pueden ser basales (sin presas), intermedias (con presa y predador) y de tope (sin predador en la comunidad). Desde el punto de

vista de su estructura o topología, están constituidas por nodos, eslabones y niveles tróficos que describen la diversidad, las relaciones alimentarias, la estabilidad y los procesos que ocurren dentro de un ecosistema (Pedroza *et al.*, 2016).

El objetivo de este estudio fue definir las relaciones tróficas existentes en el agroecosistema de una granja en la región Sabanas, Sucre, Colombia

Materiales y Métodos

Localización. El estudio se realizó en la granja El Perico, ubicada en la región Sabanas (Departamento de Sucre), sobre las coordenadas $9^{\circ} 12' 41.7''$ N- $75^{\circ} 24' 09.7''$ W (fig. 1). La temperatura promedio de la zona es de $26,8^{\circ} \text{C}$, con una precipitación que varía entre 1 000 y 1 200 mm/año y una humedad relativa de 77 %. Inicialmente se hizo un reconocimiento del área, para identificar los sitios de muestreo donde se podía observar presencia de individuos, tanto en la cobertura vegetal como en el suelo.

Para la obtención e identificación de los individuos se utilizó información secundaria de la zona: para los anuros, la de Cardozo y Caraballo (2007);



Figura 1. Plano de la granja El Perico.

Fuente: Departamento de Planeación Universidad de Sucre.

para las hormigas, la de Bertel (2015); y para los murciélagos, la de Sampedro *et al.* (2007). Se incluyeron observaciones e identificaciones realizadas entre los años 2014-2017, en jornadas matutinas y vespertinas de trabajo, siempre teniendo en cuenta los límites de la granja.

El resto de la información se recolectó *in situ*: bovinos y ovinos, avistamientos y observaciones con el uso de fotografías, binoculares y claves dicotómicas (aves, reptiles); descripciones morfológicas, caracteres diagnósticos y el uso de guías botánicas (plantas); claves dicotómicas (mamíferos, zari güeya, oso perezoso, dípteros, himenópteros, odonatos y coprófagos) y capturas directas (invertebrados descomponedores). Posterior a la identificación, los individuos se agruparon según su función en el agroecosistema (Pimm *et al.*, 1991). La flora y los individuos vertebrados se identificaron hasta especie, mientras que los invertebrados, como algunos insectos, solo hasta Orden.

Se evaluó la riqueza de especies, tanto animal como vegetal, de acuerdo con lo planteado por Moreno (2001), quien utiliza la riqueza específica como la forma más sencilla de medir la diversidad. La riqueza de la red trófica se asimiló como equivalente del número de trofoespecies definidas. Se estableció la estructura trófica del agroecosistema organizando los grupos en función de sus estrategias tróficas más generales, y la clasificación se basó en consulta extensa de la información y los datos bibliográficos para conocer los hábitos alimenticios (tabla 1).

Análisis de los datos. Para visualizar el flujo de energía de la granja se diseñó una red trófica mediante un modelo estático, basado en la estructura de una matriz binaria, que indica la presencia (1) o ausencia (0) de conexiones. Se registraron las trofoespecies dentro del agroecosistema y las interacciones tróficas que pueden ocurrir entre ellas. Para este modelo de red se empleó el programa de libre acceso Gephi 091, un software diseñado para la confección de gráficos, manejo de la información, estructuras, formas y patrones, utilizado por Pedroza *et al.* (2016). Para la interpretación de este modelo se midieron los siguientes atributos: conectancia ($C=L/S^2$) y densidad de uniones (L/S), según Pimm *et al.* (1991) y Dunne y Williams (2009), respectivamente.

Resultados y Discusión

Los individuos se identificaron en seis órdenes (Lepidoptera, Polydesmida, Araneae, Haplotaaxida,

Pulmonata y Blattodea), dos familias (Calliphoridae, Aphididae), ocho géneros (*Camponotus*, *Labidus*, *Crematogaster*, *Ectatomma*, *Dorymyrmex*, *Forelius*, *Pheidole*, *Solenopsis*) y ciento sesenta y seis especies (tabla 1).

Basado en el hábito alimenticio, se establecieron 11 categorías tróficas: productores (organismos autótrofos), herbívoros (organismos que se alimentan de plantas), nectarívoros (organismos que se alimentan del néctar de las plantas), granívoros (organismos que se alimentan de semillas), insectívoros (organismos que se alimentan de insectos), carnívoros (organismos que se alimentan de organismos herbívoros), omnívoros (organismos que se alimentan de plantas y animales), descomponedores (organismos heterótrofos que se alimentan de detritos), hematófagos (organismos que se alimentan de sangre), frugívoros (organismos que se alimentan de frutas) y carroñeros (organismos que se alimentan de material en descomposición), distribuidas en 48 trofoespecies (tabla 2). En términos de número de especies, los grupos más diversos fueron las trofoespecies omnívoras e insectívoras y el grupo menos variado fue el de las trofoespecies nectarívoras.

Los hábitos alimenticios antes mencionados se agruparon en: productores (gramíneas, maderables, maderables leguminosas, frutales, arbustos, plantas ornamentales y plantas acuáticas), consumidores primarios (herbívoros, granívoros, frugívoros y polinizadores), consumidores secundarios (insectívoros, hematófagos, omnívoros y carnívoros), consumidores terminales (carnívoros y carroñeros) y descomponedores (hongos, formícidos, diplópodos, dípteros, coleópteros, blatodeos, isópteros, anélidos y gasterópodos). Al agrupar varias especies en una trofoespecie, se asumió como criterio la función trófica de estos, o sea, que compartan presa y/o predador en el sistema. En muchos aspectos, es fundamental considerar la función y conocer qué hacen las especies constituyentes, en lugar de evaluar si están presentes o no en el agroecosistema (Pedroza *et al.*, 2016).

La red trófica que integra la comunidad del agroecosistema presentó 156 conexiones, que representaron la relación predador-presa de los componentes biológicos (fig. 2). Este valor se considera alto, si se compara con lo informado por Roubinet (2016) quien observó solo 77 conexiones. La diferencia pudiera ser consecuencia del tipo de agroecosistema, ya que este último se desarrolló en un monocultivo, que según Altieri (1995) se caracteriza por presentar menos interacciones tróficas.

Tabla 1. Especies en el agroecosistema El Perico, Sucre, Colombia.

Grupo	Hábito alimenticio	Taxón
Gramíneas	0. Productor primario	<i>Bothriochloa pertusa</i>
Maderables leguminosas	1. Productor primario	<i>Centrosema pubescens</i> , <i>Vigna unguiculata</i> , <i>Teramnus volubilis</i> , <i>Stizolobium deeringianum</i> , <i>Moringa oleifera</i> , <i>Samanea saman</i> , <i>Leucaena leucocephala</i> , <i>Albizia caribaea</i> , <i>Clitoria ternatea</i> , <i>Pueraria phaseoloides</i> , <i>Arachis pintoi</i> , <i>Cassia tora</i> , <i>Gliricidia sepium</i> , <i>Tabebuia rosea</i> , <i>Senna obtusifolia</i> , <i>Caesalpinia coriaria</i> , <i>Pithecellobium dulce</i> , <i>Bauhinia</i> sp.
Maderables	2. Productor primario	<i>Cordia alliodora</i> , <i>Astronium graveolens</i> , <i>Sterculia apetala</i> , <i>Ochroma pyramidale</i> , <i>Credela odorata</i> , <i>Genipa americana</i> , <i>Guaiaacum officinale</i> , <i>Ceiba pentandra</i> , <i>Tectona grandis</i> , <i>Quadrilla odoratissima</i> , <i>Bulnesia arborea</i> , <i>Trichilia hirta</i> , <i>Ficus americana</i> , <i>Sapium glandulosum</i> , <i>Ficus benamina</i>
Frutales	3. Productor primario	<i>Mangifera indica</i> , <i>Carica papaya</i> <i>Spondias mombin</i> L., <i>Coccoloba uvifera</i> , <i>Psidium araca</i> , <i>Enterolobium cyclocarpum</i> , <i>Cassia grandis</i> , <i>Annona squamosa</i> , <i>Spondia purpurea</i> , <i>Cecropia obtusifolia</i> , <i>Annona muricata</i> , <i>Bactris guineenses</i> , <i>Manilkara zapota</i> , <i>Psidium</i> sp., <i>Melicocca bijuga</i> , <i>Cocos nucifera</i> , <i>ertholletia excelsa</i>
Arbustos	4. Productor Primario	<i>Swinglea glutinosa</i> , <i>Gossypium barbadense</i> , <i>Guazuma ulmifolia</i> , <i>Cratylia argentea</i> , <i>Calliandra pittieri</i> , <i>Capsicum</i> sp., <i>Erythroxylum coca</i> , <i>Tithonia diversifolia</i> , <i>Hibiscus rosa-sinensis</i> , <i>Acacia farnesiana</i> , <i>Euphorbia pseudocactus</i> , <i>Crescentias cujete</i> , <i>Paullinia cupana</i> , <i>Tabernaemontana</i>
Plantas ornamentales	5. Productor primario	<i>Attalea butyracea</i> , <i>Calathea lutea</i> , <i>Bougainvillea glabra</i> , <i>Caryota ochlandra</i> , <i>Veitchia merrillii</i> , <i>Sabal mauritiiiformis</i> , <i>Cycas revoluta</i> , <i>Elaeis oleifera</i> , <i>Cecropia peltata</i>
Plantas acuáticas	6. Productor primario	<i>Ludwigia helminthorrhiza</i> , <i>Eichhornia crassipes</i> , <i>Pistia stratiotes</i> , <i>Limncharis flava</i> , <i>Cyperus</i> spp, <i>Carex</i> sp., <i>Ceratopteris pteridoides</i> , <i>Phaseolus</i> sp., <i>Salvinia</i> spp., <i>Azolla pinnata</i> , <i>Lemna minor</i> , <i>Azolla filliculoides</i> , <i>Paspalum repens</i> , <i>Panicum</i> spp.
Reptiles	7. R1 Herbívoros 1	<i>Chelonoidis carbonaria</i>
	8. R2 Herbívoros 2	<i>Iguana iguana</i>
Insectos	9. I1 Herbívoros	<i>Tettigonia viridissima</i> , <i>Gryllus</i> sp.
Murciélagos	10. MU1 Frugívoros	<i>Carollia perspicillata</i>
Hemípteros	11. H1 Herbívoros	Aphidoidea, <i>Rhodnius prolixus</i>
Insectos	12. I2 Nectarívoros 1	Lepidópteros
	13. I3 Nectarívoros 2	<i>Apis mellifera</i> , <i>Xylocopa</i> sp.
Domésticos	14. DO1 Herbívoros	<i>Ovis orientalis aries</i> , <i>Bos taurus</i> , <i>Bos indicus</i>
Aves	15. A1 Granívoras	<i>Columbina squammata</i> , <i>Columbina talpacoti</i> , <i>Brotogeris cyanoptera</i> , <i>Zenaida auriculata</i> , <i>Sicalis flaveola</i>
	16. A2 Frugívoras	<i>Aratinga holochlora brevipes</i> , <i>Eupsittula pertinax</i> , <i>Thraupis episcopus</i> , <i>Thraupis palmarum</i>
Mamíferos	17. M1 Herbívoros	<i>Bradypus tridactylus</i>
Insectos	18. I4 Insectívoros	<i>Macromia dragonfly</i>
Coleópteros	19. C1 Insectívoros	<i>Coccinella</i> sp.
Dípteros	20. DIP1 Hematófagos	<i>Haemagogus celeste</i> , <i>Aedes aegypti</i> , <i>Aedes terrens</i> , <i>Culex</i> sp.
Murciélagos	21. MU2 Hematófagos	<i>Desmodus rotundus</i>

Tabla 1. Continuación

Grupo	Hábito alimenticio	Taxón
Insectos	22. I5 Omnívoros	<i>Polybia emaciata, Vespa germanica</i>
	23. I6 Carnívoros	<i>Mantis religiosa</i>
Hormigas	24. F1 Insectívoras	<i>Camponotus, Labidus</i>
Arácnidos	25. AR1 Insectívoras	Araneae
Hormigas	26. F2 Omnívoras	<i>Creumatogaster, Ectatomma, Dorymyrmex Forelius, Pheidole, Solenopsis</i>
	27. AN1 Insectívoros	<i>Leptodactylus fuscus, Leptodactylus insularum, Engystomops pustulosus, Rhinella granulosa, Trachycephalus venulosus, Scinax ruber, Pleurodema brachyops Pseudis paradoxa, Scinax rostratus</i>
Anuros	28. AN2 Omnívoros	<i>Dendropsophus microcephalus, Hysiboas crepitans, Rhinella marina, Ceratophrys calcarata</i>
Reptiles	29. R3 Insectívoros	<i>Cnemidophorus lemniscatus</i>
Aves	30. A3 Insectívoras	<i>Colaptes melanolaimus, Campylorhynchus griseus, Bubulcus ibis</i>
Murciélagos	31. MU2 Insectívoros	<i>Molossus molossus</i>
Aves	32. A4 Omnívoras	<i>Icterus chrysater, Alcedo atthis, Jacana jacana Tyrannus melancholicus, Cyanocorax affinis Vanellus chilensis, Quiscalus mexicanus Troglodytes aedon, Milvago chimachima Pitangus sulphuratus</i>
Reptiles	33. R4 Carnívoros 1	<i>Helicops angulatus, Liophis lineatus</i>
	34. R5 Carnívoros 2	<i>Caiman crocodilus</i>
Aves	35. A5 Carnívoras	Buteo magnirostris
Reptiles	36. R6 Omnívoros	<i>Kinosternon scorpioides, Mesoclemmys dahli, Trachemys callirostris</i>
Mamíferos	37. M2 Omnívoros	<i>Didelphis marsupialis</i>
Blatodeos	38. B1 Descomponedores	Blattodea
Isópteros	39. IS1 Descomponedores	Blattodea
Diplópodos	40. D1 Descomponedores	Polydesmida
Anélidos	41. AN1 Descomponedores	Haplotaxida
Hormigas	42. F3 Descomponedores	Formicidae
Coleópteros	43. C2 Descomponedores	<i>Ataenius sp., Canthon cyanellus, Onthophagus sp. Canthon juvencus, Canthon mutabilis Canthidium aurifex, Coprophanaeus gamezi Dichotomius agenor, Onthophagus marginicollis</i>
Gasterópodos	44. G1 Descomponedores	Pulmonata
Hongos	45. HO1 Descomponedores	Basidiomicetos
Dípteros	46. DIP2 Descomponedores	Calliphoridae
Aves	47. A6 Descomponedoras	<i>Coragyps atratus</i>

El tamaño máximo de la red fue de siete niveles tróficos y el mínimo de dos, por lo que la red tenía un tamaño medio de 4,5; ello es inusual en redes tróficas terrestres y acuáticas, que normalmente

cuentan con tres o cuatro niveles (Pimm *et al.*, 1991). Esta condición es consecuencia del elevado número de trofoespecies y la presencia de una gran cantidad de consumidores. Si se considera el

Tabla 2. Organización trófica de las categorías en la red trófica y número de trofoespecies por cada categoría.

Orden de las categorías	Trofoespecies
1 Productores primarios	Plantas Trofoespecies 0-6
2 Consumidores primarios	Herbívoros, frugívoros, nectarívoros, granívoros Trofoespecies 7-17
3 Consumidores secundarios Niveles inferiores	Insectívoros, hematófagos, carnívoros, omnívoros Trofoespecies 18-30
4 Consumidores terciarios Niveles superiores	Carnívoros, omnívoros Trofoespecies 31-37
5 Descomponedores	Descomponedores, carroñeros Trofoespecies 38-47

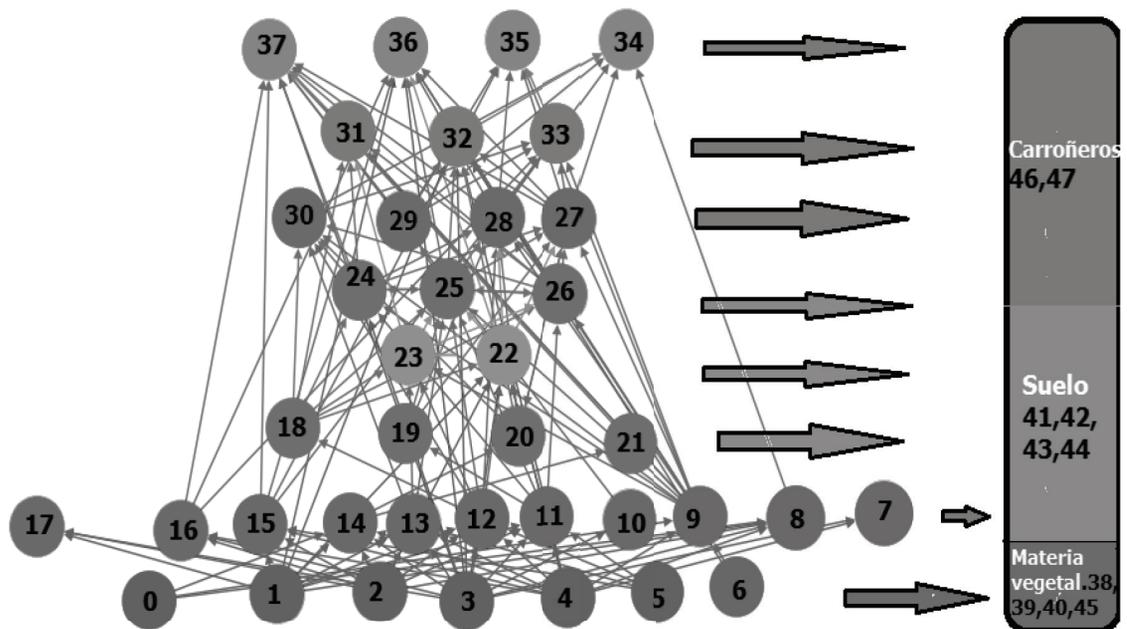


Figura 2. Red trófica del agroecosistema El Perico.

0) Gramíneas, 1) maderables leguminosas, 2) maderables, 3) frutales, 4) arbustos, 5) plantas ornamentales, 6) plantas acuáticas, 7) reptiles herbívoros 1, 8) reptiles herbívoros, 9) insectos herbívoros, 10) murciélagos frugívoros, 11) hemípteros herbívoros, 12) insectos nectarívoros 1, 13) insectos nectarívoros 2, 14) domésticos herbívoros, 15) aves granívoras, 16) aves frugívoras, 17) mamíferos herbívoros, 18) insectos insectívoros, 19) coleópteros insectívoros, 20) dípteros hematófagos, 21) murciélagos hematófagos, 22) insectos omnívoros, 23) insectos carnívoros, 24) formícidos insectívoros, 25) arácnidos insectívoros, 26) formícidos omnívoros, 27) anuros insectívoros, 28) anuros omnívoros, 29) reptiles insectívoros, 30) aves insectívoras, 31) murciélagos insectívoros, 32) aves omnívoras, 33) reptiles carnívoros 1, 34) reptiles carnívoros 2, 35) aves carnívoras, 36) reptiles omnívoros, 37) mamíferos omnívoros, 38) blatodeos descomponedores, 39) isópteros descomponedores, 40) diplópodos descomponedores, 41) anélidos descomponedores, 42) formícidos descomponedores, 43) coleópteros descomponedores, 44) gasterópodos descomponedores, 45) hongos descomponedores, 46) dípteros descomponedores, 47) aves descomponedoras.

tamaño de la red, se puede inferir que se trata de una red vulnerable, por la gran pérdida de energía que representan muchos niveles tróficos. Sin embargo, en términos de robustez, se considera una red altamente robusta, ya que si se retira el 50 % de

la comunidad de productores la red se mantendría sostenible (Dunne *et al.*, 2002). La red trófica se fortaleció por contar con siete trofoespecies basales que incluyeron 90 especies, encargadas de asimilar energía y pasarla a la mayoría de los consumidores.

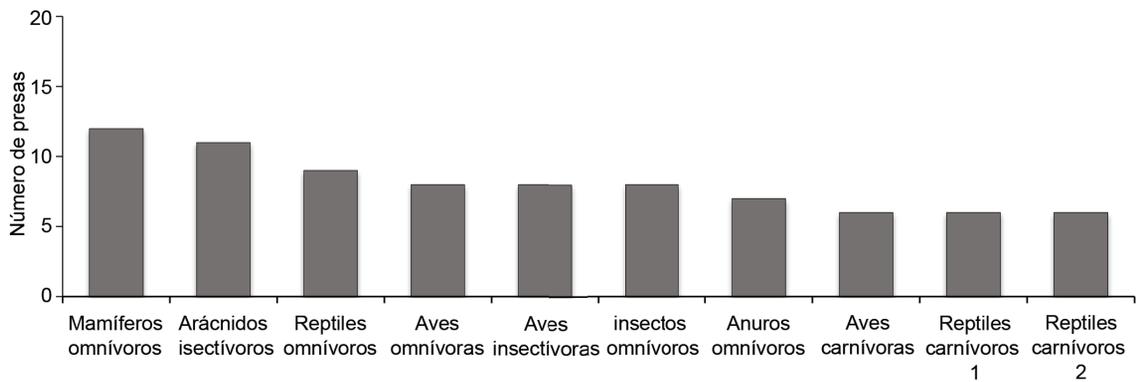


Figura 3. Número de presas para las principales especies predatoras en la comunidad. El mayor valor corresponde a la trofoespecie más generalista de la comunidad.

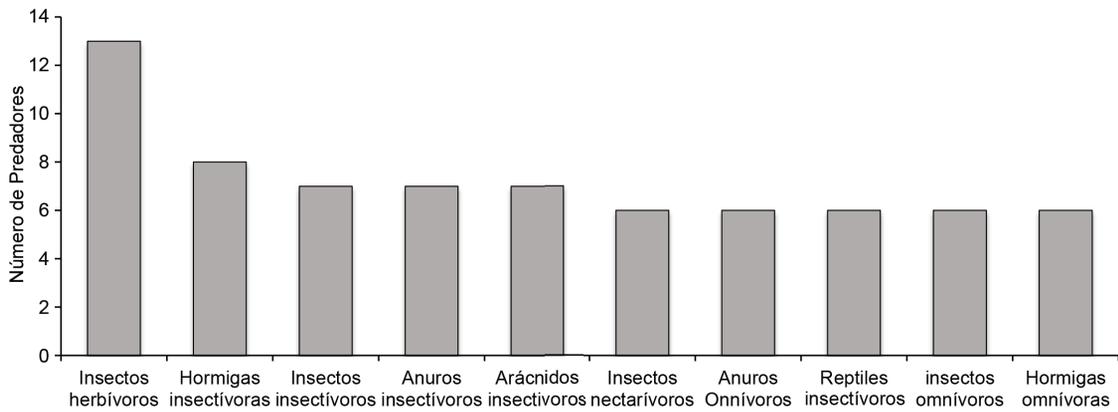


Figura 4. Número de predadores para las principales especies presa en la comunidad. El mayor valor corresponde a la trofoespecie que más transporta material a los niveles tróficos superiores en la comunidad.

Adicionalmente, la red trófica contó con la presencia de 11 trofoespecies consumidoras primarias, que incluyeron 23 especies, lo que generó una alta redundancia ecológica en términos de relaciones funcionales; ello garantizó el flujo de energía hacia los niveles superiores y la circulación de nutrientes (De Ruiter *et al.*, 2005).

Las trofoespecies predatoras y presas más importantes, de acuerdo con el número de interacciones, se muestran en las figuras 3 y 4. Su extinción o exclusión pudiera romper las relaciones entre los conjuntos de especies, y ello puede perjudicar seriamente la integridad de los ecosistemas (Perfecto *et al.*, 2014).

Roubinet *et al.* (2018) consideran que la trofoespecie 9 (insectos herbívoros) es industrial, ya que presenta 13 predadores que transfieren energía a los consumidores superiores; y la ausencia de estos insectos afectaría, a su vez, la estabilidad del sistema (Macfadyen *et al.*, 2009).

Las otras trofoespecies, en su mayoría, tuvieron en promedio de tres a siete predadores, con excepción de las trofoespecies 8 (reptiles herbívoros 2), 10 (murciélagos frugívoros), 21 (murciélagos hematófagos) y 31 (murciélagos insectívoros) que tuvieron solo una salida en el sistema. Estos resultados se analizaron mediante la red trófica del sistema y demostraron la importancia de cada trofoespecie. Igualmente, sobresalió la presencia del mamífero *Didelphis marsupialis* (fig. 3, trofoespecie 37) como especie reguladora de la comunidad, por presentar 11 presas.

Dentro de las trofoespecies intermedias y las trofoespecies de tope, hubo una variedad de hábitos alimenticios; de estos, predominaron las relaciones de grupos insectívoros que abarcaron ocho trofoespecies e incluyeron 17 taxones y los omnívoros que abarcaron seis trofoespecies y 28 taxones. De acuerdo con lo señalado por Roubinet *et al.* (2018), esto garantiza un flujo de energía hacia las trofoespecies de tope.

Entre los descomponedores de la red se hallaron los artrópodos, que desempeñan un papel importante en los procesos de degradación de los restos de origen vegetal. Se crearon acciones mutualistas con microorganismos, al contar con bacterias o protozoos simbióticos permanentes. Los grupos más conocidos son las termitas (isópteros) y las cucarachas (blatodeos). En este sentido, el estudio de la entomofauna necrófaga y, en especial, la coprófaga, tiene un gran interés ecológico y económico, ya que la acción de fragmentación y enterramiento de los restos orgánicos favorece el desarrollo de los microorganismos y de las hifas micelianas que participan en la desintegración (Galante y García, 1997). En las áreas de pastos, como en el caso de la parcela A, esta acción reviste además un interés económico (Tovar *et al.*, 2016), ya que evita la acumulación de excrementos sobre el suelo, lo cual disminuye la disponibilidad de las pasturas y su consumo por los animales.

En la mayoría de los niveles tróficos se notó la presencia de insectos. De acuerdo con sus características tróficas variables, se reconoce que es imprescindible su presencia en el sistema. Por ejemplo, las hormigas realizan importantes funciones, tales como el movimiento de suelo, el de semillas y la depredación; además han demostrado ser uno de los grupos de insectos más sensibles a los cambios ambientales (Zamar *et al.*, 2015).

Para el caso de la densidad de uniones se halló un valor de 3,25, similar al encontrado por Roubinet (2016) en un monocultivo de cereales (3,6), pero diferente al de un agroecosistema de café (Perfecto *et al.*, 2014). De ello se infiere que este atributo es muy variable y depende directamente de las trofoespecies involucradas en el estudio y de las funciones y relaciones que estas están realizando en el sistema. Al comparar los agroecosistemas mixtos con el monocultivo, hubo una diferencia significativa en cuanto a la diversidad y la función de las especies, lo que puede ser una característica poco adecuada para confrontar redes de diferentes tamaños y resoluciones (Macfadyen *et al.*, 2009). También al contrastar individualmente los valores de densidad, se infiere una vinculación trófica media entre los nodos formados, ya que es probable que exista una alta diversidad funcional dentro de las distintas trofoespecies establecidas (Pimm *et al.*, 1991).

La conectancia de la red fue de 0,13, valor que es considerado una conectividad media en el sistema (Dunne y Williams, 2009). Estos autores

señalan que los valores medios de conectancia oscilan entre 0,1 y 0,15. Los valores del presente estudio difirieron de las conectancias informadas por Roubinet (2016) y por Macfadyen *et al.* (2009), quienes obtuvieron 0,36 y 0,29, respectivamente.

Estos autores estructuraron redes tróficas cuantitativas, que también consideraban estables por darle importancia a interacciones particulares de diferentes individuos, en dependencia de la fuerza de dichas interacciones. La diferencia en los resultados se debe a la cantidad de trofoespecies presentes en los diferentes agroecosistemas, ya que, en sus casos, estos eran sistemas en monocultivo y orgánico, respectivamente; los cuales cuentan con menor número de trofoespecies, por lo que ocurren menos interacciones. Del valor de conectancia se infiere que en el sistema habrá un mayor grado de recuperación ante perturbaciones ambientales (Francis *et al.*, 2003).

Conclusión

La red trófica de los agroecosistemas permitió diferenciar los patrones fundamentales en la organización trófica de los individuos y evidenció la importancia de algunos de ellos en el flujo de energía entre trofoespecies basales y superiores.

Agradecimientos

A la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Sucre y a sus trabajadores, y al semillero de Ecología y Producción Acuática.

Referencias bibliográficas

- Altieri, M. A. *Agroecología: creando sinergias para una agricultura sostenible*. EUA: Grupo Interamericano para el Desarrollo Sostenible de la Agricultura y los Recursos Naturales, 1995.
- Bertel, Keidy. *Riqueza y abundancia de hormigas (Himenóptera: Formicidae) asociados a jagüeyes de tres municipios en la subregión Sabanas, Departamento de Sucre, Colombia*. Trabajo de grado. Sucre, Colombia: Programa de Biología, Universidad de Sucre, 2015.
- Cardozo, J. & Caraballo, P. Fauna anura (Amphibia: Anura) asociada a jagüeyes en dos localidades de la región Caribe colombiana. *Rev. colombiana Cienc. anim.* 9(S1) 39-47, 2017. DOI: <http://doi.org/10.24188/recia.v9.nS.2017.519>.
- De Ruiter, P.; Wolters, V.; Moore, J. & Winemiller, K. Food web ecology: playing jenga and beyond. *Science*. 309 (5731):68-71, 2005.
- Dunne, J. A. & Williams, R. J. Cascading extinctions and community collapse in model food webs.

- Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 364:1711-1723, 2009. DOI: <http://doi.org/10.1098/rstb.2008.0219>.
- Dunne, J.; Williams, R. & Martínez, N. Food-web structure and network theory: the role of connectance and size. *PNAS.* 99 (20):12917-12922, 2002. DOI: <http://doi.org/10.1073/pnas.192407699>.
- Galante, E. & García, M. *Detritívoros coprófagos y necrófagos. Los artrópodos y el hombre.* Bol. SEA No. 20. Zaragoza, España: Sociedad Aragonesa de Entomología. p. 57-64, 1997.
- Francis, C.; Lieblein, G.; Gliessman, S.; Breland, T. A.; Creamer, N.; Harwood, R. *et al.* Agroecology: The ecology of food systems. *J. sustain. agric.* 22 (3):99-118. 2003.
- Griffon, D. B. Estimación de la biodiversidad en agroecología. *Agroecología.* 3:25-32, 2008.
- Macfadyen, S.; Gibson, R.; Polaszek, A.; Morris, R. J.; Craze, P. G.; Planqué, R. *et al.* Do differences in food web structure between organic and conventional farms affect the ecosystem service of pest control? *Ecology letters.* 12 (3):229-238, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01279.x>.
- Martínez-Romero, Anirebis & Leyva-Galán, A. La biomasa de los cultivos en el ecosistema. Sus beneficios agroecológicos. *Cultivos Tropicales.* 35 (1):11-20, 2014.
- Moreno, C. E. *Métodos para medir la biodiversidad.* Vol. 1. Zaragoza, España, 2001.
- Pedroza, A.; Caraballo, P. & Aranguren, N. Estructura trófica de los invertebrados acuáticos asociados a *Egeria densa* (Planch. 1849) en el lago de Tota (Boyacá-Colombia). *Intropica.* 11:21-34, 2016.
- Perfecto, Ivette; Vandermeer, J. & Philpott, S. Complex ecological interaction in the coffee. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 45:137-158, 2014. DOI: <http://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-120213-09192>.
- Pimm, S.; Lawton, J. & Cohen, J. Food web patterns and their consequences. *Nature.* 350:669-674, 1991.
- Roubinet, E. *Food webs in agroecosystems.* Doctoral dissertation: Department of Ecology, Swedish University of Agricultural Sciences, 2016.
- Roubinet, E.; Jonsson, T.; Malsher, G.; Staudacher, K.; Traugott, M.; Ekbom, B. *et al.* High redundancy as well as complementary prey choice characterize generalist predator food webs in agroecosystems. *Scientific reports.* 8 (1):8054, 2018. DOI: <http://doi.org/10.1038/s41598-018-26191-0>.
- Sampedro, A.; Martínez, C.; De La Ossa, K.; Otero, L.; Santos, L.; Osorio, S. *et al.* Nuevos registros de especies de murciélagos para el departamento de Sucre y algunos datos sobre su ecología en esta región colombiana. *Caldasia.* 29 (2):355-362, 2007.
- Sans, F. La diversidad de los agroecosistemas. *Ecosistemas.* 16 (1):44-49, 2007.
- Tovar, H. L.; Noriega, J. A. & Caraballo, P. Efecto de la ivermectina sobre la estructura del ensamble de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Aphodiinae-Scarabaeinae) en las sabanas de la región Caribe. *Revista Actualidades Biológicas.* 38 (105):157-166, 2016.
- Zamar, L.; Arborno, M.; Pietrarelli, L.; Serra, G.; Leguía, H. & Sánchez, V. La regulación biótica y las prácticas agroecológicas en los cultivos extensivos. *V Congreso Latinoamericano de Agroecología-SOCLA.* La Plata, Argentina, 2015.

Recibido el 10 de diciembre del 2018

Aceptado el 17 de julio del 2019